

anses

agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail



Connaître, évaluer, protéger

Actualisation des repères du PNNS - Révisions des repères relatifs à l'activité physique et à la sédentarité

Avis de l'Anses

Rapport d'expertise collective

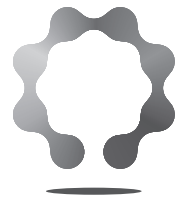
Février 2016

Édition scientifique



anses

agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail



Connaître, évaluer, protéger

Actualisation des repères du PNNS - Révisions des repères relatifs à l'activité physique et à la sédentarité

Avis de l'Anses

Rapport d'expertise collective

Février 2016

Édition scientifique

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 23 décembre 2015

AVIS

de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

**relatif à l' « Actualisation des repères du PNNS :
Révisions des repères relatifs à l'activité physique et à la sédentarité »**

*L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.
L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.
Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.
Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du code de la santé publique).
Ses avis sont rendus publics.*

L'Anses a été saisie le 5 avril 2012 par la Direction générale de la santé (DGS) pour la réalisation de l'expertise suivante : Actualisation des repères du PNNS : Révisions des repères relatifs à l'activité physique et à la sédentarité.

1. CONTEXTE ET CADRAGE DE LA SAISINE

■ Contexte

L'Agence française de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) a été saisie le 5 avril 2012 par la Direction générale de la santé (DGS) afin d'actualiser les repères nutritionnels du Programme national nutrition santé (PNNS). La saisine est ainsi libellée : « il est demandé à l'ANSES de proposer une nouvelle formulation des repères nutritionnels du PNNS, y compris ceux concernant l'activité physique [...] »

Pour mémoire, le PNNS a été mis en place en 2001. Depuis, il a été reconduit deux fois successivement PNNS 2006-2010 et PNNS 2011-2015.

Le PNNS est un programme national de santé publique qui vise à améliorer l'état de santé de la population en agissant sur la nutrition, déterminant majeur de l'état de santé. S'agissant de l'importance de l'activité physique, objet de la saisine, la DGS précise dans son courrier : « Le Programme national de nutrition santé 2011-2015 formule divers principes. Ils mentionnent notamment « les repères nutritionnels du PNNS visant à promouvoir une alimentation et une activité physique favorables à un état nutritionnel et un état de santé optimaux. »

Le terme de « nutrition », tel qu'employé dans le PNNS, englobe l'ensemble des questions relatives à l'alimentation (nutriments, aliments, déterminants sociaux, culturels, économiques, sensoriels et cognitifs des comportements alimentaires) et à l'activité physique, en relation avec la santé.

L'Agence a décidé de traiter la demande de la DGS en distinguant les questions relatives à l'activité physique (AP) de celles relatives aux repères alimentaires. Le présent avis porte uniquement sur le volet AP et sédentarité de la question, dans l'objectif de proposer des repères pour la population générale en prévention primaire ; la prévention primaire visant à diminuer l'incidence d'une maladie dans une population et donc à réduire, autant que faire se peut, les risques d'apparition de nouveaux cas (OMS, 1948).

■ **Cadrage de la saisine**

Sur la base de la saisine de la DGS, l'Anses a considéré qu'il convenait de cadrer les questions auxquelles elle s'attacherait à répondre en prenant en considération :

- les pratiques d'AP et de sédentarité en fonction des caractéristiques de la population : âge, sexe, état de grossesse, limitations fonctionnelles ;
- les caractéristiques des différents types d'AP :
 - o selon la nature de la sollicitation physiologique (cardio-respiratoire, renforcement musculaire, etc.) ;
 - o selon le contexte (professionnel, transport, domestique et loisir) ;
 - o selon l'environnement ;
- l'identification des facteurs pouvant influencer positivement ou négativement sur la pratique d'AP et le comportement sédentaire ;
- les effets de l'AP et de l'inactivité physique sur certains facteurs de risque de pathologies chroniques ;
- les risques sanitaires liés à la pratique d'AP ;
- les risques sanitaires liés aux comportements sédentaires.

Des travaux scientifiques d'ampleur ont été précédemment réalisés par des organismes nationaux et internationaux sur les liens entre l'AP et l'état de santé, ainsi que sur les déterminants des comportements d'AP et de sédentarité. Parmi les travaux récents, une Expertise collective et pluridisciplinaire a été réalisée en 2008 par l'Inserm : *Activité physique - Contextes et effets sur la santé*. Par ailleurs, un rapport d'expertise de l'Inserm sur les inégalités sociales a considéré ces questions d'un point de vue socio-économique (Inserm, 2014).

L'Anses a décidé de considérer l'Expertise collective Inserm (2008) comme socle initial de connaissances, de le compléter par les publications scientifiques les plus récentes, et d'étendre le champ d'expertise à d'autres problématiques actuelles en lien avec l'AP. Cette démarche a permis notamment de développer le rôle du sommeil et sa relation à l'AP, et d'étudier et de proposer des recommandations à destination des personnes présentant une limitation fonctionnelle d'activité (LFA). D'autres points ont été pris en compte, visant à caractériser les risques liés à la pratique en atmosphère polluée, mais aussi à distinguer nettement les questions relatives à l'AP de celles relatives à la sédentarité. Ceci a finalement conduit à affiner les recommandations existantes concernant l'activité physique et à établir des recommandations concernant le comportement sédentaire.

2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE ET METHODE

■ Organisation de l'expertise

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (mai 2003) ».

L'expertise relève du domaine de compétences du comité d'experts spécialisé (CES) « Nutrition Humaine ». L'Anses a confié l'expertise au groupe de travail (GT) « Actualisation des repères du PNNS : révision des repères liés à l'activité physique (AP) et à la sédentarité » et à deux rapporteurs du CES. Les travaux, à mesure de leur état d'avancement, tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques, ont été présentés au CES et discutés en séance entre le 24 janvier 2013 et le 18 décembre 2014. Ils ont été adoptés par le CES « Nutrition humaine » réuni les 25 juin, 10 juillet et 3 décembre 2015.

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont rendues publiques *via* le site internet de l'Anses (www.anses.fr).

■ Méthode

Une analyse de la littérature scientifique a été réalisée à partir de Pubmed et Web of science, notamment, en croisant les mots-clés relatifs à l'AP et la sédentarité avec les mots-clés spécifiques aux différentes thématiques, et déclinées selon les caractéristiques de la population (âge, sexe etc.). Au total, 1975 études ont été retenues par les experts pour l'analyse.

Le GT a également procédé à des auditions de :

- réseaux santé : Saphyr de Lorraine et EfforMip de Midi-Pyrénées ;
- la Société Française de Médecine de l'Exercice et du Sport (SFMES) ;
- la Société Française des Professionnels en Activités Physiques Adaptées (SFP-APA).

3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU CES ET DU GT

■ Préambule

• Définition de l'activité physique (AP)

L'AP est définie ici comme « tout mouvement corporel produit par contraction des muscles squelettiques entraînant une augmentation de la dépense énergétique par rapport à la dépense énergétique de repos » (Caspersen et al., 1985). L'AP regroupe l'ensemble des activités qui peuvent être pratiquées dans différents contextes, en poursuivant des objectifs variés (utilitaires, sanitaires, sociaux, etc.). Les principaux contextes de pratique d'AP sont le travail, les transports, les activités domestiques et les loisirs. Ces derniers incluent l'exercice, le sport et l'AP de loisir non structurée.

- **Définition de l'inactivité physique et de la sédentarité**

L'inactivité physique est définie comme un niveau insuffisant d'AP d'intensité modérée à élevée. Il s'agit d'un niveau inférieur à un seuil d'AP recommandé. Dans le présent avis, les seuils retenus pour définir l'inactivité sont ceux définis par l'OMS (2010) soit 30 minutes d'AP d'intensité modérée au minimum 5 fois par semaine pour les adultes et 60 min/j pour les enfants et adolescents.

La sédentarité est définie par une situation d'éveil caractérisée par une dépense énergétique faible (inférieure à 1,6 MET¹) en position assise ou allongée. La sédentarité (ou comportement sédentaire) est donc définie et considérée distinctement de l'inactivité physique, avec ses effets propres sur la santé.

- **Caractéristiques de l'activité physique**

Les différentes AP peuvent être classées en 5 grandes catégories en fonction de leur intensité, estimée en MET¹ :

- activités sédentaires < 1,6 MET ;
- 1,6 MET ≤ activités de faible intensité < 3 METs ;
- 3 METs ≤ activités d'intensité modérée < 6 METs ;
- 6 METs ≤ activités d'intensité élevée < 9 METs ;
- activités d'intensité très élevée ≥ 9 METs.

La caractérisation de l'AP peut être complétée par des indications de durée (en minutes) et de fréquence (quotidienne ou pluri-hebdomadaire).

Les types d'activités correspondent aux fonctions physiologiques sollicitées : cardio-respiratoire, musculaire, souplesse et équilibre.

- **Définitions des populations considérées**

Quatre classes d'âge ont été retenues :

- les enfants, de la naissance à 10 ans ;
- les adolescents, de 11 à 17 ans ;
- les adultes, de 18 à 65 ans ;
- les personnes âgées de plus de 65 ans.

Certaines catégories de populations ont fait l'objet d'une attention particulière :

- parmi les enfants : la population des enfants avant l'école maternelle (avant 3 ans), les enfants scolarisés en école maternelle (de 3 à 5 ans) et en école primaire (de 6 à 10 ans).
- parmi les adultes : les femmes en âge de procréer, les femmes en période de grossesse, d'allaitement ou en post-partum et les femmes à partir de l'âge de la ménopause.
- les personnes déclarant une limitation fonctionnelle d'activité due à leur état de santé (LFA). Les personnes qui présentent des difficultés pour mobiliser des fonctions élémentaires physiques, sensorielles ou cognitives, désignées ci-après comme personnes LFA. La fréquence de ces

¹ Equivalent métabolique (Metabolic Equivalent Task) : unité indexant la dépense énergétique lors de la tâche considérée sur la dépense énergétique de repos

limitations fonctionnelles augmente avec l'âge. Elles concernent moins de 5 % de la population avant 40 ans et atteignent 70 % des hommes et 80 % des femmes au-delà de 85 ans.

- **Outils de description de l'activité physique et de la sédentarité**

Les outils utilisés dans les publications et études épidémiologiques (observationnelles et interventionnelles) ont été recensés, permettant de décrire et quantifier l'AP et la sédentarité pour proposer une analyse critique de leur pertinence, leur robustesse et leurs limites. Les méthodes les plus fréquemment utilisées dans les études reposent sur des données déclaratives (recueillies par questionnaire) et, plus rarement, sur des mesures objectives de l'AP reposant sur des appareils dédiés et validés (podomètre, accéléromètre, fréquence cardiaque). L'hétérogénéité des méthodes et de leur mise en œuvre dans les travaux publiés constituent un obstacle à la comparabilité des études.

Les méthodes déclaratives qui portent sur l'AP ont pour avantage la simplicité, un coût modéré et la couverture d'une grande part de la population. Elles ont pour inconvénient de recourir à des protocoles d'enquête hétérogènes, qui ne font pas consensus, qui ont beaucoup évolué dans les dernières décennies et rendent difficiles les comparaisons dans le temps. De plus, elles ne peuvent pas être utilisées de façon pertinente pour certaines catégories de populations, particulièrement chez les personnes LFA.

L'approche la plus précise et la plus juste de la pratique de l'activité physique repose sur une combinaison des méthodes objectives (utilisant des équipements et matériels dédiés) aux méthodes déclaratives. Ces stratégies augmentent cependant le coût des études. Elles représentent néanmoins un avantage en permettant de réduire les biais de déclaration.

Concernant la sédentarité, le temps passé assis devant un écran (télévision, vidéo, jeux vidéo et ordinateur) est actuellement l'indicateur le plus utilisé dans les études. Or, ce temps ne représente qu'une part du temps réel de sédentarité, qui inclut le temps passé assis ou allongé dans d'autres situations.

Pour répondre aux questions exposées lors du cadrage de la saisine, le groupe de travail a commencé par décrire les comportements de la population relatifs à l'AP et la sédentarité puis a identifié les facteurs associés à ces comportements. Les effets de l'AP et de la sédentarité sur la santé ont ensuite été étudiés ainsi que les relations entre l'AP, la sédentarité et le sommeil. Enfin, les risques liés à la pratique d'AP ont été caractérisés.

- **Etat des connaissances sur les comportements d'activité physique et de sédentarité de la population**

Les enquêtes réalisées à l'échelle nationale ont été considérées, notamment l'étude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires (INCA 2, Afssa, 2009), l'Enquête Nationale Nutrition Santé (ENNS, Invs, 2007) et le Baromètre santé (Inpes, 2008).

Activité physique :

Les études récentes se donnent pour objectif de rendre compte de la réalité des pratiques d'AP (incluant les temps de loisirs, de transport, l'activité en milieu de travail ou en milieu domestique) alors qu'antérieurement les enquêtes s'intéressaient principalement aux activités de loisir et

sportives. Leur caractère récent et leur nombre restreint ne permettent pas néanmoins de mesurer les évolutions dans le temps et l'effet éventuel des recommandations.

Ces études montrent que, pour les adultes, moins de 37 % d'entre eux et moins de 32 % des personnes âgées de plus de 65 ans sont suffisamment actifs². Concernant l'AP des femmes en période de grossesse ou de post-partum, les données françaises sont insuffisantes pour conclure. Moins de 34 % des enfants âgés de moins de 11 ans pratiquent une AP quotidienne, et moins de 50 % des enfants pratiquent quotidiennement des jeux de plein air. Les adolescents de 11 à 14 ans sont 12 % à pratiquer quotidiennement 60 min d'AP d'intensité au moins modérée ; 43 % des adolescents de 15 à 17 ans pratiquent au moins 30 minutes d'AP d'intensité modérée à élevée.

En l'état des connaissances disponibles, quelles que soient les tranches d'âge, l'AP de la population est donc considérée insuffisante au regard des recommandations internationales (OMS, 2010).

Sédentarité :

Les études disponibles ne permettent pas de rendre compte du temps total de sédentarité car généralement seul est rapporté le temps passé assis devant un écran. Ces études ne précisent pas non plus la durée du temps consécutif passé dans des comportements sédentaires. Concernant le temps d'écran, hors temps de travail, les adultes y consacrent, selon les études, quotidiennement entre 3h20 et 4h40. Dans les études prenant aussi en compte le temps de travail, on estime que les adultes passent au moins 5 heures par jour dans des activités sédentaires ; il n'y a à notre connaissance aucune donnée française pour les femmes en période de grossesse ou de post-partum. Entre 3 et 17 ans, les jeunes passent plus de 2 heures quotidiennes assis face à un écran. Pour les personnes âgées de plus de 65 ans, le temps passé assis dans des activités sédentaires, intégrant le temps passé devant un écran, se situe au-delà de 3 heures par jour.

Chez les personnes LFA, le peu de données disponibles permet d'estimer qu'elles pratiquent jusqu'à deux fois moins d'AP que les personnes sans limitation. Le temps passé assis est plus élevé, notamment du fait des activités de loisirs sédentaires plus nombreuses.

■ **Facteurs associés à la pratique d'activité physique et aux comportements sédentaires**

La pratique d'AP et le comportement sédentaire sont influencés par de nombreux facteurs complexes qui interagissent entre eux. L'identification et la compréhension des facteurs associés à la pratique d'AP et à la sédentarité sont d'une importance majeure pour développer et améliorer les interventions de santé publique visant à promouvoir l'AP ou à réduire la sédentarité.

L'identification des facteurs associés à la pratique d'AP s'est appuyée sur une revue de la littérature de Bauman *et al.* (2012) (études transversales et longitudinales). Selon les auteurs de cette analyse, les principaux facteurs positivement associés à l'AP sont les suivants :

- démographiques : jeune âge (au sein de chaque population d'âge considérée), sexe masculin, bon état de santé et niveau d'éducation élevé ;
- psychosociaux : niveau élevé d'auto-efficacité et de compétence physique perçue, bonne image de soi et plaisir à pratiquer ;

² En référence aux recommandations actuelles de l'OMS

- comportementaux : antécédents de pratique ;
- environnementaux :

- liés à l'environnement physique : potentiel piétonnier du quartier élevé, connectivité des rues, proximité des destinations non résidentielles (commerces, lieux de loisirs), accessibilité des équipements de pratique sportive, densité de population élevée, sécurité du trafic, facilité d'utilisation des transports publics ;

- liés à l'environnement social : soutien social.

Les principaux facteurs associés à l'inactivité physique sont le surpoids, le manque de temps et les obstacles à l'AP perçus. Pour les enfants, l'insécurité perçue dans le voisinage par les parents et les enfants, particulièrement par les filles, constitue également un facteur associé à l'inactivité physique.

Les principaux facteurs associés à la sédentarité sont l'avancée en âge et le surpoids. Pour les adultes, s'ajoutent le chômage, le faible niveau d'éducation et les symptômes dépressifs. Pour les enfants, s'ajoutent les facteurs liés au contexte familial (comme le niveau d'éducation de la mère et de revenu de la famille, le nombre d'écrans par ménage et la mise en place de règles associées) et à l'environnement (comme le fait que l'établissement scolaire soit situé dans une zone d'éducation prioritaire).

Au-delà de l'étude de Bauman et al. (2012), l'ensemble des relations entre les facteurs mentionnés précédemment et l'AP et la sédentarité n'a pas été analysé de façon exhaustive, notamment car la plupart des études a été réalisée dans des pays extérieurs au continent européen (Canada, Etats-Unis, Australie). Cela soulève la question de la transposabilité des conclusions au contexte français.

■ Effets de l'activité physique et de la sédentarité sur certaines pathologies

L'analyse des relations entre l'AP, la sédentarité et la santé s'est appuyée sur l'Expertise collective Inserm (2008) complétée par une mise à jour bibliographique (jusqu'en 2014, inclus). Les données prises en compte portent sur la prévention de la mortalité générale et de la morbidité liée aux maladies cardiovasculaires, au diabète de type 2, à l'obésité, aux cancers (cancer du sein et cancer colorectal notamment), aux maladies respiratoires, aux maladies ostéo-articulaires, aux maladies neurodégénératives, aux maladies auto-immunes, la santé mentale ainsi que la qualité de vie. Les conclusions du rapport du WCRF³ (2007) et ses mises à jour ont également été considérées dans l'analyse des relations entre cancers et AP et sédentarité lorsque ces données étaient disponibles.

Mortalité générale : l'AP régulière est associée selon les études à une réduction de la mortalité précoce de 29 à 41 %. Il a pu être chiffré qu'une pratique quotidienne de 15 min pourrait déjà diminuer le risque de 14 %. L'AP d'intensité modérée à élevée, dans la population générale, pourrait atténuer les effets de la sédentarité sur la mortalité précoce, particulièrement chez les sujets dont le temps de sédentarité est supérieur à 7 heures quotidiennes.

³ World Cancer Research Fund

Diabète de type 2 : l'AP, associée à d'autres mesures hygiéno-diététiques, représente un élément majeur pour prévenir ou retarder la survenue d'un diabète de type 2. Chez les sujets insulino-résistants, l'AP est associée à une amélioration significative de la tolérance au glucose. Cet effet persiste après l'arrêt de l'intervention (jusqu'à 3 ans). Les effets bénéfiques de l'AP ont été observés quel que soit l'indice de masse corporelle (IMC). Indépendamment de la pratique d'AP, la sédentarité constitue un facteur de risque de développer un diabète de type 2 (plus 14 % pour 2 heures passées quotidiennement devant la télévision). Inversement, la réduction du temps de sédentarité hebdomadaire est associée à une diminution de l'incidence du diabète de type 2 (diminution de 12 % pour une réduction de 2 heures hebdomadaires).

Obésité : l'AP régulière diminue le risque de surpoids, d'obésité et de complications cardio-métaboliques. Les interventions les plus efficaces sont multimodales. Inversement, l'inactivité physique et la sédentarité sont associées au risque de surpoids, d'obésité et de complications cardio-métaboliques.

Pathologies cardio-vasculaires : une AP régulière, d'intensité modérée ou élevée, est associée à une diminution de 20 à 50 % du risque de pathologie coronarienne et de près de 60 % du risque de survenue d'accident vasculaire. Le temps de sédentarité est associé à une augmentation de l'incidence des maladies cardiovasculaires. Les personnes passant plus de 7 heures par jour en position assise devant un écran de télévision ont un risque de mortalité cardiovasculaire supérieur (de l'ordre de 85 %) à celui des personnes qui passent moins d'1 heure par jour en position assise devant la télévision. Une pratique d'AP d'intensité modérée ne permet pas de réduire les effets de la sédentarité sur l'incidence de maladies cardiovasculaires.

Cancers : l'AP est associée à une diminution du risque de cancer du côlon (de l'ordre de 25 %), du cancer du sein (diminution de 10 à 27 %), de l'endomètre et du poumon. L'apparition de nombreux cancers a été attribuée à l'inactivité physique. Des études récentes ont montré une association entre la sédentarité et le risque de certains cancers (de l'endomètre, en particulier). La sédentarité a un effet indirect en favorisant l'obésité et l'obésité abdominale, facteurs de risque majeurs dans l'initiation et le développement des cancers du sein et du côlon.

Maladies respiratoires : l'effet de l'AP sur la prévention primaire de pathologies respiratoires a été peu étudié. Les seules études dont on dispose concernent la prévention du risque de bronchopneumopathie chronique obstructive. L'AP régulière (d'intensité modérée à élevée) permet de limiter l'altération des marqueurs fonctionnels considérés comme précurseurs de bronchopneumopathie chronique obstructive. La sédentarité est associée à une altération plus marquée de la fonctionnalité respiratoire dans la bronchopneumopathie chronique obstructive.

Maladies ostéoarticulaires : tout au long de la vie, la pratique d'AP à impact (par exemple course et sauts) est associée à une moindre diminution de la masse osseuse et à un moindre risque de fractures ostéoporotiques. Les exercices en charge à impact d'intensité élevée (de type course et sauts) contribuent à augmenter significativement la masse osseuse.

Chez l'enfant et l'adolescent, la pratique régulière d'AP à impact permettrait une augmentation significative de la masse et de la densité minérale osseuse (DMO), particulièrement lorsque l'AP est pratiquée lors de la pré-puberté et de la puberté.

Chez la femme ménopausée, l'AP à impact a un effet positif sur la DMO (au niveau du rachis, du col fémoral et du trochanter). La combinaison d'AP à impact et de renforcement musculaire est nécessaire pour diminuer le nombre de fractures ; ces effets se retrouveraient également chez les

hommes âgés. Une association négative pourrait exister entre la DMO et le comportement sédentaire (selon des études chez l'adulte et chez l'adolescent).

Concernant la prévention de l'arthrose, les activités dynamiques en charge, d'intensité modérée à élevée, sans impact important, pourraient avoir un effet positif sur le cartilage.

Pathologies neurodégénératives : la pratique régulière d'AP est associée à une diminution de l'incidence de la maladie d'Alzheimer (jusqu'à 45 %), avec une relation dose-réponse ; la pratique régulière serait associée à une diminution de l'incidence de la maladie de Parkinson. L'inactivité physique augmenterait les risques pour ces deux pathologies. L'effet de la sédentarité sur le risque d'apparition des pathologies neurodégénératives a été peu étudié et les données ne permettent pas de conclure.

Maladies autoimmunes : les effets possibles de l'AP et de la sédentarité sur les pathologies d'origine auto-immune ne sont pas documentés à ce jour.

Santé mentale et qualité de vie : un bénéfice de la pratique régulière a été rapporté jusqu'à 90 minutes d'AP quotidienne à intensité élevée et réduirait le risque d'état de stress psychologique, et de ses principales conséquences cliniques, les états d'anxiété et de dépression. Au delà, des scores de qualité de vie plus faibles ont été retrouvés, suggérant une relation effet-dose en U inversé.

Il n'est actuellement pas possible de conclure quant à l'effet de la sédentarité sur la santé mentale et la qualité de vie.

■ Effets de l'activité physique et de la sédentarité pour certaines catégories de population

Enfants et adolescents : l'AP apparaît comme une composante essentielle de la santé. Quel que soit l'IMC, l'AP régulière a des effets favorables sur la condition physique, la composition corporelle et la santé osseuse. Elle est associée à une diminution des facteurs de risque cardiovasculaire (hypertension artérielle, résistance à l'insuline, dyslipidémie, syndrome métabolique, etc.). La pratique de l'AP contribue à améliorer la santé mentale, en renforçant la confiance et l'estime de soi, et en réduisant l'anxiété, le stress et les risques de dépression.

L'AP peut également être considérée comme un facteur favorable pour la réussite scolaire.

L'AP pratiquée pendant l'enfance et l'adolescence pourrait avoir un effet favorable sur la santé à l'âge adulte. Inversement, la sédentarité a des effets délétères sur différents facteurs de santé à l'âge adulte (condition physique, composition corporelle et développement osseux).

Femmes enceintes : l'AP régulière améliore la condition physique, le retour veineux, et diminue les lombalgies et la prise de poids pendant la grossesse, quel que soit l'IMC. La pratique d'AP n'augmente pas, et pourrait même diminuer le risque d'accouchement prématuré et de pré-éclampsie. L'AP semble présenter un intérêt pour réduire le risque de diabète gestationnel, si elle est débutée l'année précédant la grossesse ou en début de grossesse. La pratique régulière d'AP améliore le bien-être et la qualité de vie et diminue les symptômes dépressifs pendant la grossesse et en période de post-partum.

Personnes âgées de plus de 65 ans : une AP régulière et adaptée est associée à une diminution des risques de sarcopénie, une amélioration de l'équilibre et à une diminution du risque de chute.

L'AP régulière pourrait favoriser l'ostéogénèse, réduire le risque fracturaire et limiter le déclin cognitif. A terme, l'AP semble contribuer à maintenir l'autonomie des personnes âgées.

La sédentarité pourrait favoriser la déminéralisation osseuse, accroître le risque de fractures ostéoporotiques et accélérer le déclin cognitif.

Personnes LFA : la pratique régulière d'AP contribue à la prévention des pathologies chroniques, améliore la capacité fonctionnelle et la condition physique, l'estime, la perception de soi et la confiance en ses capacités. Ces facteurs permettent une plus grande autonomie dans la vie quotidienne, favorisant le sentiment de bien-être, la qualité de vie et la participation sociale. Chez l'enfant LFA, elle est également un facteur essentiel de croissance et de développement et l'occasion d'interactions sociales facilitées. Quelle que soit la sévérité de la LFA, la pratique régulière d'une AP adaptée apporte des bénéfices sans augmenter le risque de détérioration des grandes fonctions ni d'aggravation de la déficience ou de la pathologie primaire.

■ Relations entre l'activité physique, la sédentarité et le sommeil

Dès l'enfance, le temps de sommeil est insuffisant en France. A l'adolescence, les troubles du sommeil sont fréquents et ces troubles augmentent avec l'avancée en âge. Ces troubles du sommeil s'expliquent surtout par le non-respect des besoins individuels de sommeil.

L'AP agit directement sur le sommeil en augmentant sa quantité et sa qualité et améliore la qualité de l'éveil diurne. Inversement, l'inactivité physique et un temps de sédentarité élevé réduiraient la quantité et la qualité du sommeil, et, comme les troubles du sommeil, appauvriraient la qualité de la vigilance. Ces effets ont été documentés chez l'adulte, la femme ménopausée et la personne âgée de plus de 65 ans. Ces effets sont supposés chez l'enfant, l'adolescent et les personnes LFA. Quels que soient l'âge et le sexe, l'AP agit directement sur l'amplitude et la synchronisation de la rythmicité circadienne. Cette dernière permet la programmation des phases d'activité et de repos consécutives.

L'AP constitue un régulateur du sommeil et un facteur de modération des effets du stress psychologique sur la santé. Les perturbations du cycle circadien, ainsi que les ruptures et dettes de sommeil semblent augmenter le risque de nombreuses pathologies chroniques, parmi lesquelles les maladies métaboliques.

Le rôle protecteur de l'AP vis-à-vis de la survenue de pathologies chroniques (en particulier d'obésité et de diabète de type 2) pourrait donc résulter à la fois d'effets directs et indirects, par l'intermédiaire de la régulation du sommeil et des effets du stress psychologique sur la santé.

Les effets positifs de l'AP sur le sommeil apparaissent dès la mise en place d'une AP et deviennent pérennes lorsque la pratique devient régulière.

■ Risques liés à l'activité physique

La caractérisation des risques liés à la pratique d'AP repose sur les données actualisées à partir de l'Expertise collective Inserm (2008) pour ce qui concerne les risques traumatiques, cardiovasculaires (mort subite), d'addiction et de troubles hormonaux. D'autres risques ont été identifiés. Il s'agit des risques liés à la pratique d'AP en air extérieur pollué⁴ dans des conditions atmosphériques à température élevée (période estivale ou climat chaud).

Risques traumatiques : le taux de blessures (9 à 16 % de déclaration de blessure par année de pratique) et leur gravité sont faibles. Des facteurs personnels liés à l'âge, au niveau d'expertise, et des facteurs extrinsèques liés aux caractéristiques du sol, du matériel, des équipements et des conditions climatiques peuvent expliquer leur survenue.

Risque de mort subite : le risque est faible, et surtout observé lors de pratique d'activités sportives d'intensité élevée chez des sujets ayant un passé de comportements inactifs

Autres risques : apparition de crampes musculaires, épuisement à la chaleur, coup de chaleur peuvent être engendrés par la pratique d'AP intenses en climat chaud. La pratique en air extérieur pollué⁴ peut notamment majorer les effets sanitaires des polluants (risques pulmonaires, cardiovasculaires et systémiques).

Le risque d'addiction à l'AP, sur la base des conclusions de l'Inserm et de quelques études plus récentes, est jugé négligeable en population générale.

Des études récentes sur les troubles hormonaux pouvant être liés à une pratique intensive d'AP ont été prises en compte. Ces troubles tels que le retard pubertaire, la perturbation du cycle menstruel, l'aménorrhée, la carence œstrogénique qui induit une perte osseuse, l'oligoménorrhée ou l'anovulation, sont considérés comme négligeables lorsque le bilan énergétique est équilibré.

Concernant les catégories de population spécifiques étudiées :

Enfants et adolescents : la majorité des blessures survenant chez les enfants et adolescents sont mineures et liées à des chutes et collisions. Les taux de blessures les plus élevés ont été recensés chez les plus jeunes, les garçons et les personnes présentant un faible niveau de pratique (lorsque rapporté au temps de pratique).

Femmes en période de grossesse : peu d'événements indésirables ont été observés lors de la pratique.

Personnes âgées de plus de 65 ans : les risques de blessures ou de traumatismes liés à l'AP dans les activités de la vie quotidienne sont moins élevés chez les personnes pratiquant une AP régulière que chez celles ne pratiquant pas d'AP. Les risques de blessures liées à l'AP ne semblent pas plus élevés chez les personnes âgées de plus de 65 ans que chez les personnes plus jeunes, excepté pour certaines AP particulièrement à risque. Cependant, avec l'avancée en âge, certaines modifications de régulation de la pression artérielle, de la régulation thermique, de la sensation de soif peuvent être à l'origine d'effets indésirables.

Personnes LFA : les risques sont faibles lorsque l'AP est adaptée à la personne.

⁴ Pour ce qui concerne les microparticules en suspension (PM_{2,5} et PM₁₀), l'ozone et le dioxyde d'azote (NO₂)

4. RECOMMANDATIONS DU CES ET DU GT

■ Principes généraux

L'ensemble des constats réalisés tant sur la base de la description des pratiques d'activité physique (AP) et des comportements sédentaires de la population en France que des effets des risques de l'AP et de la sédentarité et des bénéfices propres de l'AP, conduisent le GT et le CES à recommander l'adoption d'un mode de vie actif, par l'ensemble de la population, quel que soit l'âge des personnes. L'adoption de ce mode de vie vise à améliorer l'état de santé physique et psychique de la population, à prévenir le développement de certaines pathologies, à favoriser un développement harmonieux de l'enfant et de l'adolescent, à augmenter la qualité de vie et à réduire certains effets liés au vieillissement.

Considérant que l'adoption d'un mode de vie actif résulte d'une part de l'augmentation de la pratique d'AP, et d'autre part de la réduction du temps de sédentarité ;

Considérant que la promotion de l'AP et la lutte contre la sédentarité requièrent une identification et une caractérisation des facteurs associés à l'AP et à la sédentarité qui peuvent constituer des freins ou des leviers, au niveau collectif ou individuel, qu'il est nécessaire de les prendre en considération, qu'il s'agisse des facteurs démographiques, psychosociaux, comportementaux, liés à l'environnement physique et social, dans les stratégies de promotion de l'AP et de réduction de la sédentarité ;

Le GT et le CES émettent les recommandations qui suivent.

Pour définir les repères d'AP qui suivent, ont été retenues les quantités d'AP qui semblent correspondre au plus grand bénéfice relatif en termes de prévention du risque sanitaire liés à l'insuffisance d'AP et à l'excès de sédentarité pour une population donnée (selon la catégorie d'âge et les groupes spécifiques) quand on considère simultanément les états de santé et pathologies étudiées. Ces repères sont conçus dans le but de permettre aux décideurs de soutenir et d'évaluer des stratégies de promotion de l'AP et de réduction des comportements sédentaires en visant prioritairement les catégories de populations les plus à risque. Ces repères sont définis en fonction d'un niveau de pratique pour lequel on observe une inflexion de la relation dose d'AP par rapport aux effets sanitaires attendus. Tout niveau de pratique d'AP, même inférieur aux repères, reste assorti d'un bénéfice pour la santé. Une pratique d'AP au-delà des repères présentés ci-dessous peut apporter un bénéfice sanitaire supplémentaire, en prévention de certaines pathologies chroniques.

■ Recommandations par catégorie de population

Il est recommandé de pratiquer de manière progressive, tant au cours d'une séance, que lors de la reprise d'activité. Cela se traduit par une augmentation progressive de l'intensité lors de chaque occasion de pratique (« échauffement ») et par une augmentation progressive de la pratique d'AP (pour ce qui concerne la durée, la fréquence et l'intensité), en particulier chez les personnes les moins actives.

Plus généralement, l'intensité devra être adaptée aux caractéristiques individuelles et ajustée en fonction des réponses physiologiques perceptibles par chaque individu (notamment l'augmentation de la respiration, de l'excrétion sudorale ou de la pénibilité perçue).

La pratique d'AP doit être adaptée aux conditions climatiques, particulièrement en cas de forte chaleur (en adaptant sa tenue et ses horaires de pratiques et en veillant à une bonne hydratation), et de pollution de l'air extérieur, telle qu'annoncée dans les bulletins d'information et d'alertes). Il est recommandé de varier les AP dans leurs types et leurs intensités.

- **Adultes**
 - Activité physique

Il est recommandé de pratiquer 30 min d'AP développant l'**aptitude cardio-respiratoire** d'intensité modérée à élevée (tableau 1), au moins 5 jours par semaine, en évitant de rester 2 jours consécutifs sans AP. Dans ce cadre, il est recommandé d'inclure de courtes périodes d'AP d'intensité élevée.

Des bénéfices supplémentaires sur la santé peuvent être obtenus avec une pratique de 45 à 60 min.

Chez les individus peu actifs, sédentaires et souhaitant pratiquer régulièrement une AP d'intensité élevée, une consultation médicale préalable est fortement recommandée.

Ces activités peuvent être réalisées lors des activités de la vie quotidienne ou dans le cadre d'une activité dédiée.

Tableau 1. Exemples d'AP sollicitant l'aptitude cardio-respiratoires selon le contexte de pratique et l'intensité

AP cardio-respiratoire			
30 min d'intensité modérée à élevée			
Au moins 5 jours par semaine – en évitant de rester 2 jours consécutifs sans pratiquer			
Intensité	Repères d'intensité	Activités de la vie quotidienne	AP de loisirs
Modérée	Essoufflement modéré, conversation possible transpiration modérée échelle de pénibilité de l'OMS (5 à 6 sur 10) 55 à 70 % de FCmax	Marche à 5 - 6,5 km/h montée d'escaliers à vitesse lente	Nage Vélo à 15 km/h
Elevée	Essoufflement marqué, conversation difficile ; transpiration abondante ; échelle de pénibilité de l'OMS (7 à 8 sur 10) ; 70 à 90 % de FCmax	Marche rapide supérieure à 6,5 km/h Montée d'escaliers à vitesse rapide	Course à pied 8 - 9 km/h Vélo à 20 km/h.

Ce temps total quotidien peut être fractionné en périodes de 10 min, voire moins, réparties sur la journée.

Les AP à visée cardiorespiratoire et celles à visée plus spécifiquement musculaire peuvent être intégrées dans une même activité ou réalisées au cours de la même journée.

En complément des AP à visée cardio-respiratoire présentées ci-dessus, il est recommandé de réaliser des activités de **renforcement musculaire**. Ces AP de renforcement musculaire des membres supérieurs et inférieurs peuvent être réalisées lors des activités de la vie quotidienne (montées et descentes d'escaliers, port de charges, etc.). Des séances dédiées d'exercice physique peuvent également permettre de réaliser ces AP (utilisation du poids du corps ou de bracelets lestés, de bandes élastiques, etc.).

Il est recommandé que les AP réalisées lors de séance dédiées présentent les caractéristiques suivantes :

- être réalisées 1 à 2 fois par semaine avec 1 à 2 jours de récupération entre deux séances ;
- comporter 8 à 10 exercices différents impliquant les membres supérieurs et inférieurs, répétés 10 à 15 fois par série ; chaque série peut être répétée 2 à 3 fois ;
- présenter une intensité de contraction permettant la répétition de 10 à 15 mouvements sans douleur musculaire, avec une pénibilité perçue ne dépassant pas 5 à 6 sur une échelle de 0 à 10. Cette intensité devra être adaptée aux caractéristiques individuelles.

Tableau 2. Exemples d'AP de renforcement musculaire

AP de renforcement musculaire		
Repères d'intensité	Activités de la vie quotidienne	AP de loisirs
Intensité permettant la répétition des mouvements sans douleur (pénibilité perçue ne dépassant pas 5 à 6 sur une échelle de 0 à 10)	Montées ou descente d'escaliers, port de charges ou de courses, etc.	Utilisation du poids du corps ou de bracelets lestés, de bandes élastiques calibrées, etc.

Les exercices **d'assouplissement et de mobilité articulaire** sont recommandés 2 à 3 fois par semaine ; ils peuvent être réalisés au moyen d'étirements. Il est recommandé que ces exercices soient précédés d'un échauffement musculaire, qu'ils soient maintenus 10 à 30 secondes et répétés 2 à 3 fois. Ils doivent être limités par la sensation d'inconfort ou de raideur.

- Sédentarité

Quel que soit le contexte (travail, transport, domestique, loisirs), il est recommandé :

- de réduire le temps total quotidien passé en position assise, autant que faire se peut ;
- d'interrompre les périodes prolongées passées en position assise ou allongée, au moins toutes les 90 à 120 min, par une AP de type marche de quelques minutes (3 à 5), accompagné de mouvements de mobilisation musculaire.

- **Femmes en période de grossesse ou de post-partum**

- Activité physique

Période de grossesse

En l'absence de contre-indication médicale, il est recommandé aux femmes enceintes de commencer ou de maintenir une AP.

Il est recommandé :

- une AP sollicitant les aptitudes cardio-respiratoires d'intensité modérée, au moins 30 min/j, au moins 3 fois par semaine ;
- des exercices de renforcement musculaire effectués 1 à 2 fois par semaine et répétés entre 15 et 20 fois.

Dans tous les cas, il est recommandé de privilégier la continuité et la régularité plutôt que l'intensité de l'AP ; les AP d'intensité élevée sont à éviter et une intensité modérée, adaptée aux capacités physiques de chaque femme, est recommandée. Il n'y a pas de limite supérieure de durée à ne pas dépasser.

Pour les femmes habituellement sédentaires ou peu actives, il convient de commencer avec 15 min/jour d'AP en continu pour atteindre avant la fin du 1er trimestre de grossesse, 30 min/j d'activité sollicitant les fonctions cardio-respiratoires.

Période de post-partum

En l'absence de contre-indication médicale, et en l'absence de lésions périnéales au cours de l'accouchement, après la consultation du post-partum, la plupart des AP peuvent être poursuivies ou reprises. Des précautions particulières sont à prendre en fonction des particularités individuelles, au cours de la grossesse et en post-partum.

- Sédentarité

Les repères proposés pour les adultes s'appliquent aux femmes en période de grossesse et de post-partum.

- **Femmes ménopausées**

- Activité physique

Au vu de la situation physiologique des femmes ménopausées, les repères destinés à la population adulte ont été complétés pour cette population. Il est donc recommandé aux femmes ménopausées de pratiquer au total :

- 30 minutes d'AP cardio-respiratoire d'intensité modérée à élevée au moins 5 jours par semaine;
- 15 à 30 minutes d'AP cardio-respiratoires à impact par jour ;
- des AP de renforcement musculaire, grâce aux mouvements de la vie quotidienne ou à des exercices spécifiques 3 fois/sem dont au moins 2 fois des exercices avec une résistance élevée ;
- des étirements au moins 2 à 3 fois/sem.

- Sédentarité

Les repères proposés pour les adultes s'appliquent aux femmes ménopausées.

- **Enfants**

- Activité physique

Pour les enfants de moins de 5 ans, au moins 3 h/j d'AP sont recommandées soit 15 min/h pour 12h d'éveil.

Pour les enfants et adolescents âgés de 6 à 17 ans, au moins 60 min/j d'AP d'intensité modérée à élevée sont recommandées.

- Sédentarité

Il est recommandé de :

- limiter la durée quotidienne totale des activités sédentaires en période d'éveil ;
- limiter la durée de chaque activité sédentaire, pour ne pas dépasser 1h en continu pour les moins de 5 ans et 2h pour les 6-17 ans.

Au vu de l'influence positive du cadre familial et de l'entourage, du cadre scolaire ou social et du milieu associatif dans la pratique de l'AP, il est recommandé de sensibiliser et soutenir l'implication des parents, de l'entourage, du milieu scolaire ou social et des associations dans la mise en œuvre des recommandations d'AP dans un but de prévention des maladies chroniques, de développement psychomoteur et d'épanouissement des enfants et adolescents. Il s'agit en particulier de proposer et valoriser des modes de vie actifs auprès des adultes (parents, éducateurs, etc.) qui pourraient agir en relais auprès des enfants.

Pour cela, dans tous les contextes (milieu scolaire, domestique, transports et loisirs), il est recommandé d'encourager l'AP spontanée, de s'appuyer sur le jeu et le plaisir, de favoriser les AP collectives ou entre amis et de proposer une grande diversité d'AP.

- **Personnes âgées de plus de 65 ans**

- Activité physique

Il est recommandé de pratiquer des AP sollicitant l'aptitude **cardio-respiratoire** au moins 30 min/j d'AP cardio-vasculaire d'intensité modérée ou 15 min/j d'AP d'intensité élevée ou une combinaison d'AP d'intensités modérée et élevée, au moins 5 fois par semaine.

Il est recommandé de pratiquer des activités de **renforcement musculaire**, 2 jours par semaine ou plus, de préférence non consécutifs, à raison de 8 à 10 exercices répétés 8 à 12 fois chacun.

Ces exercices doivent solliciter les principaux grands groupes musculaires des membres inférieurs, des membres supérieurs et du tronc.

Des exercices d'**équilibre** peuvent être intégrés aux activités quotidiennes ou de loisirs, au moins 2 fois par semaine, de préférence lors de jours non consécutifs. Il est recommandé de répéter 3 à 5 fois, une série de 5 à 10 exercices, d'une durée de 10 à 30 secondes.

Des exercices de **souplesse** sont recommandés au moins 2 jours par semaine pendant au moins 10 minutes. Les exercices doivent solliciter les principaux grands groupes musculaires et être répétés 3 à 4 fois chacun en maintenant un étirement statique pendant 10 à 30 secondes.

Ces activités peuvent être réalisées lors de la vie quotidienne ou être réalisées pendant une séance spécifique.

- Sédentarité

Les repères proposés pour les adultes concernant les comportements sédentaires s'appliquent aux personnes âgées de plus de 65 ans.

De façon générale, on notera que l'âge ne doit pas être considéré comme un facteur limitant, l'adoption d'un mode de vie actif peut se faire à tout âge.

Tableau 3. Exemples d'AP pour la population générale

Contexte	AP cardio-respiratoire	Renforcement musculaire	Equilibre*	Souplesse
Domestique	<p>Marche (rapide) Marche en montée Montée d'escaliers Travaux ménagers (passer l'aspirateur, etc.) Jardinage Bricolage</p>	<p>Marche (rapide) Marche en montée Montée d'escaliers (courses, bricolage) Jardinage (creuser, bêcher, etc.) Se mettre debout à partir d'une position assise S'accroupir Lever et porter des charges lourdes</p>	<p>Se tenir debout sur une jambe</p>	<p>Travaux ménagers</p>
Transport	<p>Montée d'escaliers Monter et descendre du bus, etc. Marcher pour se rendre dans un commerce de proximité, etc.</p>	<p>Montée d'escaliers</p>	<p>Utiliser le vélo, la trottinette</p>	
Loisir	<p>Marche Natation Vélo Rameur Course à pied Gymnastique aérobic, aquatique Golf Raquettes (Neige) Danse etc.</p>	<p>Vélo Danse Natation Gymnastique aquatique ou d'entretien Tai chi Golf Exercices utilisant le poids corporel ou un mur comme point résistance (redressements assis, oppositions, appuis), avec du petit matériel (bandes élastiques, bracelets lestés, haltères) ou des appareils de renforcement musculaire (rameur, vélo d'appartement, ...)</p>	<p>Vélo Danse Pétanque Golf Tai chi Yoga Marche (en arrière, de côté, sur les talons, sur les pointes de pieds, etc.), marche en suivant une ligne ou une bordure Exercices posturaux et d'équilibration à partir de supports instables (sol mou, plateau mobile), de conditions sensorielles modifiées (au niveau visuel ou en variant la position de la tête), d'un déplacement intégrant des changements de direction, de franchissement d'obstacle ou d'évolution sur un espace limité au sol ou une surface réduite d'appui du pied (pointe de pieds, talons, etc.).</p>	<p>Tai chi Golf Yoga Pétanque Exercices d'assouplissements spécifiques (étirements)</p>

* recommandé pour les personnes âgées de plus de 65 ans

- **Personnes LFA**

- Activité physique

Dans leur globalité, les recommandations pour la population générale restent valables pour les personnes LFA : 30 minutes d'AP cardio-respiratoires d'intensité modérée quotidienne réparties sur la journée, associées à du renforcement musculaire au moins 2 fois par semaine. Ces AP sont à répartir sur la semaine et à intégrer progressivement au mode de vie.

En raison notamment de l'hétérogénéité de la population LFA, le type, la durée, la fréquence et les intensités des AP sont à adapter en fonction des caractéristiques de la déficience ou pathologie et de la condition physique de la personne.

Les repères établis pour les enfants et les adolescents en population générale sont valables pour les enfants et les adolescents LFA, avec les mêmes restrictions et précautions que celles exposées pour les adultes. Les durées de pratique, souvent plus courtes que celles recommandées pour la population générale, correspondent généralement à celles recommandées pour les adultes.

Une attention particulière doit être apportée à l'ajustement des repères d'intensité aux caractéristiques de la personne. Outre la prise en compte des contre-indications propres à la déficience ou pathologie, à l'état de santé et au statut clinique, une attention marquée aux réponses homéostatiques spécifiques est indispensable.

Dans le cas d'une pratique encadrée, un niveau de compétence élevé de l'encadrement est nécessaire pour garantir les bénéfices attendus et la sécurité du pratiquant, d'autant plus que la vulnérabilité du pratiquant est grande.

- Sédentarité

Les repères proposés pour les adultes concernant les comportements sédentaires s'appliquent aux personnes LFA. La mise en œuvre des repères est particulièrement recommandée dans cette catégorie de population, généralement plus sédentaire que la population générale.

- **Recommandations relatives au sommeil pour toutes les catégories de population**

Les AP sollicitant les aptitudes cardio-respiratoires d'intensité modérée à élevée et avec déplacement sont les plus efficaces pour combattre les troubles du sommeil. Il s'agit, par exemple, de la marche, de la course, de la nage ou du vélo à allure régulière.

Une pratique régulière et répartie sur la semaine est recommandée, en privilégiant la durée à l'intensité.

En raison des troubles du sommeil plus fréquents chez les personnes âgées, les bénéfices de l'AP sur le sommeil sont relativement importants dans cette catégorie de population.

Pour favoriser l'éveil pendant la journée et le sommeil pendant la nuit, les AP en extérieur, exposant à la lumière du jour sont à privilégier.

La qualité et la quantité du sommeil sont favorisées quelle que soit l'heure de la journée pendant laquelle l'AP est pratiquée. L'effet est toutefois particulièrement positif pour une pratique entre 15 et 19h. Néanmoins, pour ne pas risquer de retarder l'endormissement, il est recommandé d'éviter les AP d'intensité élevée après 21 heures.

Concernant la sédentarité, pour diminuer les troubles du sommeil, il est recommandé de limiter les comportements sédentaires, particulièrement chez l'enfant, l'adolescent et la personne âgée, chez qui les effets néfastes de ces comportements sur le sommeil ont été clairement établis.

■ **Recommandations par secteur d'activité**

Préambule

La mise en œuvre des repères d'AP présentés ci-dessus rencontre des obstacles qu'il conviendrait de mieux identifier et quantifier pour une promotion de l'AP et une réduction de la sédentarité efficaces, qu'il s'agisse de différentes catégories de population, à différentes échelles géographiques (par ex. la taille des communes) et dans différents contextes (du milieu de travail, des transports, du milieu domestique et des loisirs). Les obstacles identifiés relèvent notamment de l'urbanisme et l'aménagement du territoire, des modes de transport et de l'organisation du temps de travail et du temps scolaire. Au vu de ces obstacles, des pistes de réflexion portant sur des axes d'action et de recherche ont été étudiées et sont ici proposées. De plus, Il semble important de sensibiliser, former et impliquer les professions concernées (en particulier les architectes, ingénieurs, urbanistes, enseignants, professions de la santé et professionnel de l'AP) dans la promotion de l'AP et la lutte contre la sédentarité.

Il apparaît enfin nécessaire de mieux évaluer les impacts des actions mises en place afin de pouvoir les hiérarchiser dans le cadre d'une politique de santé publique.

Ces propositions mettent en évidence la nécessité d'approfondir ce travail sur différents plans, dont les plans scientifique, politique et économique.

● **Urbanisme**

- aménager l'environnement urbain (sur des critères de sécurité, d'accessibilité, d'esthétisme et en améliorant le potentiel piétonnier et la présence d'espaces protégés de déplacement à vélo) et le mobilier urbain, préserver ou développer les espaces verts (installation d'agrès fixes en plein air, avec horaires d'accès facilitants par exemple) ;
- favoriser les transports collectifs, le potentiel piétonnier et les intermodalités ;
- favoriser les installations dédiées (proximité, accessibilité, sécurité, etc.)

● **Milieu de travail et milieu scolaire**

- aménagement du temps scolaire ou de travail (horaires, fractionnement du temps de travail) et de l'espace de travail afin de permettre d'augmenter l'AP (en particulier l'AP au travail et l'AP de loisir) et de réduire la sédentarité (en favorisant les pauses actives) ;
- mise à disposition des lieux de pratique ;
- augmentation le temps de pratique d'AP à l'école.

Des recommandations spécifiques par population d'âge sont proposées dans les recommandations du rapport.

- **Professionnels de santé**

Ces recommandations aux professionnels de santé s'adressent autant aux médecins qu'aux autres professionnels de santé (comme les pharmaciens et kinésithérapeutes, par ex.).

Les informations à transmettre concernent :

- les bénéfices et les risques de l'AP et de la sédentarité, au regard de l'émergence et l'augmentation de l'incidence des pathologies chroniques, des facteurs de risque de ces pathologies, de la qualité de vie et du bien-être ;
- la promotion de l'AP et de la réduction de la sédentarité, pour toutes les catégories de population ;
- la formulation de conseils de pratique de l'AP, adaptée aux caractéristiques de la personne (notamment des conseils de progressivité, de moyens de mise en place et de maintien de la pratique, des objectifs à fixer, des risques liés).

- **Professionnels de l'activité physique et du sport**

- renforcer la formation des professionnels sur la connaissance des bénéfices de l'AP sur la santé en prévention primaire ;
- renforcer les connaissances et les compétences des intervenants sur les différentes modalités de l'AP et ses effets sur les composantes de la santé en fonction de la population et dans le cadre des déficiences motrices et mentales ;
- introduire dans les formations des contenus portant sur les moyens envisageables pour modifier les comportements et adopter un mode de vie actif ;
- tenir compte de la spécificité de l'AP en fonction des périodes de la vie ;
- considérer les déterminants et les facteurs associés à l'AP promouvoir l'AP et favoriser une pratique régulière ;
- sensibiliser les pratiquants sur les méfaits de la sédentarité - qui pourraient ne pas être totalement compensés par l'AP - et leur proposer des moyens de la réduire.

■ **Recommandations de recherche**

Compte tenu des lacunes de connaissances identifiées en matière de littérature scientifique, des sujets de recherche et des recommandations méthodologiques ont été suggérés et sont présentés ici.

- établir des méthodes consensuelles de référence pour réduire l'emploi de méthodes hétérogènes d'estimation de l'AP et de la sédentarité ;
- mettre en place un dispositif de recueil de données sur les pratiques d'AP et la sédentarité combinant différentes méthodes de mesure afin de décrire ces comportements, leurs caractéristiques associées et leur évolution ;
- intégrer dans toutes les études épidémiologiques sur les relations entre l'AP et la santé une qualification et quantification du comportement sédentaire ;
- étudier les mécanismes des effets délétères de la sédentarité, notamment dans l'initiation et la progression des processus pathologiques ;
- étudier, au plan fondamental et appliqué, les relations entre le niveau de pratique de l'AP et le comportement sédentaire ; évaluer le niveau de protection éventuel de l'AP vis-à-vis des effets néfastes de la sédentarité pour les pathologies chroniques et le vieillissement ;
- mieux identifier les risques de la pratique de l'AP, notamment les conditions de réduction des risques liés à la pollution de l'air extérieur lors de la pratique de l'AP ;
- mener des études afin d'évaluer la pratique d'AP et les comportements sédentaires dans les départements et régions d'outre-mer et collectivités d'outre-mer (DROM-COM).

● **Femmes en période de grossesse et de post-partum**

Des études sont nécessaires pour déterminer :

- les effets de la sédentarité pendant la grossesse sur la santé de la femme et du fœtus ;
- les effets de l'AP l'année précédant la grossesse ;
- les effets de l'AP pendant la grossesse sur le fœtus mais aussi sur les conséquences sanitaires l'enfance et à l'âge adulte ;
- les spécificités liées à la reprise de l'AP en post-partum, en fonction du type d'accouchement, à la fois en cas d'accouchement par voie basse avec ou sans épisiotomie ou par césarienne.

● **Femmes ménopausées**

Des études sont nécessaires pour confirmer que le gain de densité minérale osseuse lié à l'AP se traduit effectivement par une diminution du risque de fractures grâce à l'AP.

- **Enfants et adolescents**

- développer les études observationnelles, expérimentales et interventionnelles sur les effets de l'AP sur les facteurs de santé et sur les conséquences de la sédentarité ; plus spécifiquement chez les adolescents, comprendre les effets du niveau d'AP, de la condition physique et leur interaction sur la santé ;
- identifier les facteurs associés à la pratique d'AP et aux comportements sédentaires et modéliser les relations entre ces facteurs ;
- comprendre les mécanismes expliquant la réduction d'AP dès l'enfance et à l'adolescence et la pérennité des comportements de la petite enfance à l'âge adulte ; identifier et cibler les groupes d'enfants à haut risque de déclin précoce de l'AP ;
- expérimenter des approches visant à augmenter l'AP et diminuer la sédentarité dans les différents milieux de vie des enfants de 0 à 10 ans ;
- initier des études permettant une analyse conjointe des AP et des comportements sédentaires. Il s'agit en particulier de mieux comprendre et définir la durée des périodes sédentaires au bout desquelles une rupture de sédentarité deviendrait nécessaire à partir de 6 ans ;
- étudier les mécanismes et les liens existant entre l'AP, la sédentarité, le sommeil et les facteurs nutritionnels à partir de 6 ans ;
- évaluer les répercussions des modifications des rythmes scolaires sur la pratique d'AP et la sédentarité à partir de 6 ans.

- **Personnes âgées de plus de 65 ans**

- développer des enquêtes spécifiques sur les pratiques d'AP dans la population âgée, notamment très âgée ;
- développer les données liées à la sédentarité, en quantifiant et en qualifiant la sédentarité (types et contextes) ;
- étudier les mécanismes cellulaires de l'AP pouvant réduire le risque de maladie neurodégénérative ;
- étudier les interactions des comportements d'AP et de sédentarité chez les personnes âgées.

- **Personnes LFA**

- développer des études permettant d'évaluer l'AP et d'identifier les repères spécifiques d'AP pour les personnes LFA ;
- identifier les interactions entre AP, sédentarité et santé ;
- approfondir les études sur le niveau d'AP des publics spécifiques, les déterminants et les facteurs associés à la pratique d'AP ;

- développer les recherches sur les mécanismes liant l'inactivité et la sédentarité aux facteurs de risque pour la santé dans cette population ;
- développer et expérimenter des approches visant à augmenter l'AP et diminuer la sédentarité au sein de ce public.

- **Sommeil**

Il est recommandé de réaliser en priorité des études permettant de quantifier à la fois l'AP pratiquée et la qualité et la quantité de sommeil. Il est également recommandé de :

- analyser les relations entre sommeil et sédentarité ;
- identifier les relations entre AP, sommeil et santé ;
- identifier les facteurs environnementaux (comme l'exposition à la lumière par exemple) ayant un effet sur la relation entre sommeil et AP ;
- étudier les relations entre stress psychologique, sommeil et AP ;
- étudier les variations de la relation entre sommeil et AP, en fonction de l'âge ;
- concevoir des questionnaires propres aux enfants et adolescents.

5. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'Anses adopte les conclusions et les recommandations du groupe de travail et du CES « Nutrition humaine ».

Au terme de ce travail, l'Anses estime que les données scientifiques sont suffisamment robustes pour considérer avec attention les effets favorables de l'activité physique (AP) en matière de prévention des pathologies chroniques et d'amélioration de la qualité et de la quantité de sommeil.

Au-delà d'une idée encore répandue selon laquelle l'intérêt de l'AP se limiterait à aux effets de l'augmentation de la dépense énergétique, il est à considérer que les bénéfices à court, moyen et long termes se traduisent par des effets systémiques, hormonaux, métaboliques, aux effets préventifs larges et observables sur l'ensemble des composantes de la santé, au niveau physique, mental et social telle que définie par l'OMS (1946).

Dans son acception la plus courante, l'AP est considérée à tort comme recouvrant uniquement la pratique sportive. Du fait qu'elle implique, par définition, tout mouvement du corps, cette pratique doit s'entendre comme étant intégrée à toutes les activités sociales et individuelles : se déplacer, transporter une charge, monter ou descendre les escaliers, être actif au domicile, etc. Pour cette raison, les constats et les recommandations ont été réalisés de façon intégrative : l'AP doit être pensée comme tout mouvement du corps dans son environnement. A ce titre, les recommandations s'adressent à l'ensemble de la population et sont destinées à être suivies dans tous les contextes qu'ils soient professionnel, de transport, domestique ou de loisirs. L'idée d'un temps exclusivement dédié à l'AP évolue vers la recherche de toute occasion d'être en actif. C'est la raison pour laquelle bon nombre de recommandations ciblant des actions portant sur le cadre de vie (milieu de travail, environnement scolaire, etc.) sont adressées par secteurs d'activités afin de bâtir un environnement propice au mouvement - dans l'espace et le temps.

Parmi les facteurs liés à l'environnement physique, le potentiel piétonnier apparaît comme pouvant influencer favorablement les comportements. D'autres facteurs liés à l'environnement physique nécessitent d'être mieux documentés quant à leur effet sur l'AP, notamment en lien avec les plans d'aménagement du territoire : connectivité des rues, proximité des destinations non résidentielles, accessibilité et disponibilité des équipements, densité de population, sécurité du trafic. De même, la qualité de l'air et le bruit pourraient influencer sur les comportements ; l'étude de ces effets combinés ou non est encore à ses débuts.

L'évolution de la nature des recommandations que ce travail permet d'opérer tient au fait qu'elles font référence non plus exclusivement à des durées d'activité, ne considérant souvent que quelques modalités, mais se diversifient tant par la nature des activités proposées, intégrées au quotidien, qu'en référence à l'intensité (une AP de courte durée mais intense présente aussi un intérêt pour la santé), la pluralité des possibilités (travail de souplesse, musculation, pratiquées au domicile), la spécificité des populations considérées (enfants, personnes âgées ou avec une limitation fonctionnelle d'activité) avec des recommandations qui leurs sont propres.

Cette évolution est aussi relative à la prise en compte conjointe de l'inactivité physique caractérisée par un manque d'AP et la sédentarité caractérisée par une position assise ou allongée prolongée, situation exposant de façon cumulée à des risques sanitaires à présent bien identifiés. De ce fait, c'est la concomitance de l'augmentation de l'AP et la réduction des temps cumulés et continus de sédentarité qui produira les effets les plus marqués sur la santé. C'est un point sur lequel il est important d'insister.

L'Agence recommande notamment, dans tous les contextes de vie (milieu de travail, milieu scolaire, domestique, loisirs et transports) et aux différents âges de la vie :

- de favoriser la pratique d'AP, en considérant l'ensemble des types d'AP (cardio-respiratoire, renforcement musculaire, souplesse) et en identifiant toutes les occasions de pratique dans tous les temps de la journée, étant entendu que l'AP ne doit pas se limiter à la pratique sportive ;
- d'encourager la réduction des comportements sédentaires en réduisant la durée totale passée quotidiennement assis et en augmentant la fréquence des pauses actives durant les temps prolongés de sédentarité ;
- de promouvoir la valeur sociale de la pratique de l'AP dans toutes les circonstances et les temps de la vie de la société : milieu de travail, temps scolaire, transports et déplacements, etc. et documenter la perception et la représentation sociales de la sédentarité.

L'objectif de ces recommandations est de permettre l'adoption d'un mode de vie actif dès le plus jeune âge, dans un environnement favorable, tout en réduisant les situations d'inégalités observées en matière d'AP et d'inactivité.

En outre, l'Anses recommande de soutenir des actions de formation initiale et continue et d'information des professionnels de santé portant sur les effets sanitaires de l'AP et de la sédentarité et les modalités de suivi. De ce fait, ils pourront accompagner leurs patients dans l'évaluation de leurs pratiques d'AP et de leurs comportements sédentaires ainsi que dans leurs changements de comportements, en identifiant les obstacles et les freins à la pratique dans les différents contextes de vie (travail, transport, domestique, loisir) par des conseils adaptés (progressivité, moyens d'observance de la pratique, objectifs à atteindre, risques liés, etc.).

L'Anses met tout particulièrement l'accent sur l'hétérogénéité des études descriptives de la pratique d'AP et des comportements sédentaires des personnes vivant en France. L'étude Inca 3 devrait apporter de nouveaux éléments pour mieux décrire les comportements dans les différents contextes.

En parallèle, une évaluation des actions visant à promouvoir l'AP et à réduire la sédentarité à l'échelle des territoires, prenant en compte les mobilités actives, est nécessaire pour en tirer des enseignements, adapter les propositions et faciliter la transposition des actions les plus concluantes aux différentes échelles et zones géographiques. Enfin, il serait utile de développer des recherches socio-économiques sur les réductions de dépenses de santé engendrées par la pratique régulière d'AP et la réduction des comportements sédentaires.

Marc Mortureux

MOTS-CLES

Activité physique, sédentarité, repères nutritionnels, pathologies chroniques, sommeil.



Actualisation des repères du PNNS - Révisions des repères relatifs à l'activité physique et à la sédentarité

Saisine n°2012-SA-0155

RAPPORT d'expertise collective

Comité d'experts spécialisé « Nutrition humaine »

Groupe de travail « Actualisation des repères du PNNS - Révisions des repères relatifs à l'activité physique et à la sédentarité »

Janvier 2016

Mots clés

Activité physique, sédentarité, repères nutritionnels, pathologies chroniques, sommeil.

Présentation des intervenants

PRÉAMBULE : Les experts externes, membres de comités d'experts spécialisés, de groupes de travail ou désignés rapporteurs sont tous nommés à titre personnel, *intuitu personae*, et ne représentent pas leur organisme d'appartenance.

GROUPE DE TRAVAIL

Président

M. Xavier BIGARD – PR honoraire – (Service de santé des armées) – Spécialité : physiologie de l'exercice, biologie musculaire et nutrition

Membres

M. Jean-Claude BARTHELEMY – PU-PH (Université de Saint-Etienne) – Spécialités : cardiologie, sommeil, neurobiologie, troubles du sommeil et fonction cognitives des personnes âgées

Mme Sophie BERTHOUCHE-ARANDA – MCU (Université Lyon 1) – Spécialités : sédentarité, physiologie musculaire, activité physique adaptée, mesure de l'activité physique

M. Marc CLOES – PU (Université de Liège) – Spécialités : santé publique, sociologie, mode de vie et motivations liées à l'activité physique

M. Damien DAVENNE – PU (Université de Caen Basse-Normandie) – Spécialités : chronobiologie, vigilance et psychomotricité en lien avec l'activité et la performance physiques

M. Paul DELAMARCHE – PU (Université Rennes 2) – Spécialités : réponses endocrines à l'exercice physique

Mme Pascale DUCHE – PU – (Université Blaise Pascal de Clermont Ferrand) – Spécialités : physiologie de l'exercice, obésité de l'enfant

Mme Martine DUCLOS – PU-PH – (CHU et Université de Clermont-Ferrand) – Spécialités : endocrinologie, physiologie de l'exercice

M. Benjamin GUINHOYA – MCU (Université Lille 2) Spécialités : épidémiologie, santé publique, prévention de l'obésité et enfants

Mme Marie-Martine LEFEVRE-COLAU – MCU-PH (AP-HP, hôpital Cochin) – Spécialités : rhumatologie, prise en charge de pathologies ostéoarticulaires

M. Thierry PAILLARD – PU (Université de Pau et des Pays de l'Adour) – Spécialités : neurologie, physiologie musculaire, biomécanique, contrôle postural, vieillissement

Mme Anne VUILLEMIN – PU (Université de Lorraine) – Spécialités : épidémiologie, santé publique, mesure de l'activité physique

COMITÉ D'EXPERTS SPÉCIALISÉ

Les travaux, objets du présent rapport ont été suivis et adoptés par le CES « Nutrition humaine » :

Président

M. François MARIOTTI – MC (AgroParisTech) – Spécialités : métabolisme des protéines, acides aminés, besoins et recommandations nutritionnels, métabolisme postprandial, syndrome métabolique

Membres

Mme Latifa ABDENNEBI-NAJAR – DR (Institut Polytechnique la Salle de Beauvais) – Spécialités : nutrition humaine, obésité

M. Jacques BELEGAUD – PU honoraire (Université Picardie) Spécialités : toxicologie.

Mme Catherine BENNETAU-PELISSERO – PR (Bordeaux Sciences Agro) – Spécialités : phytoestrogènes, isoflavones, perturbateurs endocriniens, santé osseuse

Mme Marie BODINIER – CR – (Inra Nantes) Spécialités : allergies alimentaires, physiologie intestinale et système immunitaire

M. Marc BONNEFOY – PU-PH – (Université Claude-Bernard Lyon 1, Hospices Civils de Lyon) Spécialités : gériatrie, activité physique chez la personne âgée

Mme Marie-Christine BOUTRON-RUAULT – DR– (CESP Inserm) Spécialités : épidémiologie nutritionnelle et des cancers, appareil digestif

M. Jean-Louis BRESSON – PU-PH (AP-HP Hôpital Necker - Enfants Malades, Centre d'Investigation Clinique 0901) – Spécialités : épidémiologie, immunologie, nutrition infantile, femmes enceintes et protéines

M. Olivier BRUYERE – PU (Université de Liège) – Spécialités : épidémiologie, santé publique, ostéoporose

Mme Sybil CHARRIERE – MCU-PH (Université Claude Bernard Lyon I - Hospices Civils de Lyon) Spécialité : endocrinologie

M. Gérard CROS – PU (Université Montpellier 1) – Spécialité : pharmacologie

M. Anthony FARDET – CR (Inra de Clermont-Ferrand/Theix) – Spécialité : nutrition humaine

Mme Anne GALINIER – MCU-PH (Université Paul Sabatier - CHU de Toulouse) – Spécialités : métabolisme du tissu adipeux/obésité, physiopathologie

M. Jean-François HUNEAU – PR (AgroParisTech) – Spécialité : nutrition humaine

M. Alexandre MACIUK – MCU (Université Paris-Sud) – Spécialité : pharmacognosie

M. André MAZUR – DR (Inra Clermont-Ferrand/Theix) – Spécialités : microconstituants végétaux, système cardiovasculaire

M. Gilles MITHIEUX – DR (Cnrs, unité Inserm 855 Lyon) – Spécialités : obésité, diabète, nutrition et cerveau, comportement alimentaire

Mme Béatrice MORIO-LIONDORE – DR – (Inra Lyon) – Spécialités : nutrition humaine, métabolisme énergétique

M. Claude MOULIS – émérite (Université Paul-Sabatier de Toulouse) – Spécialité : pharmacognosie

Mme Annie QUIGNARD-BOULANGE – DR émérite (Inserm, UMR 914 Inra/AgroParisTech)
Spécialité : métabolisme des lipides

Mme Ariane SULTAN – MCU-PH (CHU Montpellier, Hôpital Lapeyronie) – Spécialités :
endocrinologie, nutrition clinique

M. Stéphane WALRAND – DR (Inra de Clermont-Ferrand/Theix) – Spécialités :
physiopathologie, métabolisme protéique et acides aminés

PARTICIPATION ANSES

Coordination et contribution scientifique

Mme Irène MARGARITIS – Anses – Chef d'unité – PU détachée (Université Nice Sophia Antipolis)

Coordination scientifique

Mme Isabelle BORDES – Chargée de projets scientifiques

Mme Marie-Caroline de BOURRAN – Chargée de projets scientifiques

Mme Marie VERZEROLI – Chargée de projets scientifiques

Mme Sandrine WETZLER – Chargée de projets scientifiques

Secrétariat administratif

Mme Agnès BRION

Mme Virginie SADE

AUDITION DE PERSONNALITÉS EXTÉRIEURES

Réseau Saphyr de Lorraine

M. Patrick LAURE - Médecin

Réseau EfforMip de Midi-Pyrénées

M. Daniel RIVIERE – PU-PH

Société Française de Médecine de l'Exercice et du Sport (SFMES)

M. Jehan LECOCQ - PH

Société Française des Professionnels en Activités Physiques Adaptées (SFP-APA)

M. Paquito BERNARD

SOMMAIRE

Présentation des intervenants	3
Sigles et abréviations	13
Liste des tableaux	14
Liste des figures	15
1 Contexte, objet et modalités de traitement de la saisine	17
1.1 Contexte	17
1.2 Objet de la saisine	18
1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre	19
1.4 Prévention des risques de conflits d'intérêts	19
2 Méthode d'expertise	20
2.1 Présentation de la stratégie de recherche de données retenues	20
2.2 Définitions des concepts	21
2.2.1 Activité physique, inactivité et sédentarité	21
2.2.1.1 Définitions des termes	21
2.2.1.1.1 Santé	21
2.2.1.1.2 Activité physique (AP).....	21
2.2.1.1.3 Inactivité physique	22
2.2.1.1.4 Sédentarité	23
2.2.1.1.5 Relations entre activité physique, inactivité et sédentarité.....	23
2.2.1.2 Types d'activité physique.....	25
2.2.1.2.1 Activités développant l'aptitude cardio-respiratoire.....	25
2.2.1.2.2 Activités développant les fonctions musculaires	26
2.2.1.2.3 Activités de souplesse et mobilité articulaire	27
2.2.1.2.4 Activités d'équilibre	27
2.2.1.3 Intensité de l'activité physique	27
2.2.1.3.1 Activités sédentaires.....	28
2.2.1.3.2 Activités de faible intensité	29
2.2.1.3.3 Activités d'intensité modérée	30
2.2.1.3.4 Activités d'intensité élevée.....	30
2.2.1.3.5 Activités d'intensité très élevée.....	31
2.2.2 Sommeil	31
2.2.2.1 Rythmicité circadienne.....	31
2.2.2.2 Etat de sommeil	32
2.2.3 Santé mentale.....	33
2.2.3.1 Stress et anxiété	33
2.2.3.2 Qualité de vie.....	34
2.3 Définition des populations considérées	37
2.3.1 Premier niveau de segmentation	37
2.3.2 Second niveau de segmentation	39
2.3.2.1 Personnes déclarant une limitation fonctionnelle d'activité (LFA).....	39
2.3.2.2 Personnes ayant un $25 < IMC < 30$, en l'absence d'autres facteurs de risques associés	41
2.3.2.3 Freins et motivations liées à la pratique.....	41
2.4 Qualité méthodologique des études	41
2.4.1 Activité physique et sédentarité	41
2.4.1.1 Méthodes déclaratives	43
2.4.1.1.1 Journal d'activité	43
2.4.1.1.2 Questionnaire	43
2.4.1.1.3 Conclusion.....	44
2.4.1.2 Méthodes objectives	45

2.4.1.2.1	Observation	45
2.4.1.2.2	Calorimétrie	46
2.4.1.2.3	Eau doublement marquée	46
2.4.1.2.4	Mesure de paramètres biologiques.....	46
2.4.1.2.5	Podomètre	47
2.4.1.2.6	Accéléromètre et autres moniteurs d'activités	47
2.4.1.3	Critères de choix d'un instrument de mesure	49
2.4.1.4	Conclusion.....	49
2.4.2	Activité physique et sédentarité chez l'enfant et l'adolescent	50
2.4.2.1	Questionnaire de l'activité physique	51
2.4.2.1	Observation <i>in situ</i>	53
2.4.2.2	Eau doublement marquée (EDM)	57
2.4.2.3	Moniteurs de fréquence cardiaque (FC)	58
2.4.2.4	Podométrie	59
2.4.2.5	Accélérométrie.....	61
2.4.2.6	Nouvelles technologies : combinaison des moniteurs de fréquence cardiaque ou des capteurs de mouvement avec la géolocalisation	66
2.4.2.7	Conclusion.....	69
2.4.3	Activité physique et sédentarité chez les personnes déclarant une limitation fonctionnelle d'activité (LFA).....	69
2.4.4	Outils méthodologiques pour l'étude du rythme veille-sommeil	70
2.4.5	Outils de mesure du stress et de l'anxiété.....	71
2.4.5.1	Les questionnaires environnementalistes.....	72
2.4.5.2	Les questionnaires dits psychologiques	73
2.4.6	Outils de mesure de la qualité de vie	74
3	Argumentaire	77
3.1	Description des comportements des Français : activité physique et sédentarité	77
3.1.1	Description des pratiques d'activité physique.....	77
3.1.1.1	Enfants	77
3.1.1.1.1	Nourrissons et enfants de moins de 3 ans.....	77
3.1.1.1.2	Enfants de 3 à 10 ans.....	77
3.1.1.2	Adolescents	82
3.1.1.2.1	Données déclarées.....	82
3.1.1.2.2	Données mesurées.....	84
3.1.1.2.3	Evolution de la pratique au cours de l'adolescence	85
3.1.1.2.4	Pratique en milieu scolaire.....	87
3.1.1.3	Adultes.....	89
3.1.1.3.1	Expertise collective Inserm (2008).....	89
3.1.1.3.2	Données récentes.....	89
3.1.1.4	Femmes en période de grossesse et de post-partum.....	94
3.1.1.4.1	Données françaises.....	94
3.1.1.4.2	Données étrangères	94
3.1.1.5	Personnes âgées de plus de 65 ans.....	96
3.1.1.6	Personnes déclarant une limitation fonctionnelle d'activité (LFA)	97
3.1.2	Description des comportements sédentaires	107
3.1.2.1	Enfants et adolescents	107
3.1.2.1.1	Enfants (3 - 10 ans)	107
3.1.2.1.2	Adolescents (11 - 17 ans).....	107
3.1.2.1.3	Evolution du temps de sédentarité avec l'âge	108
3.1.2.2	Adultes.....	109
3.1.2.3	Femmes en période de grossesse et de post-partum.....	111
3.1.2.4	Personnes âgées de plus de 65 ans.....	112
3.1.2.5	Personnes déclarant une limitation fonctionnelle d'activité (LFA).....	113
3.2	Identification des facteurs associés à l'activité physique et à la sédentarité	116
3.2.1	Facteurs associés à la pratique d'activité physique	116
3.2.1.1	Enfants et adolescents	117
3.2.1.1.1	Influences de l'âge, du sexe et interactions avec la maturité biologique.....	117

3.2.1.1.2	<i>Influences psychosociales</i>	118
3.2.1.1.3	<i>Influences de l'environnement social</i>	119
3.2.1.1.4	<i>Influence du statut économique et social</i>	119
3.2.1.1.5	<i>Influence des facteurs physiologiques</i>	121
3.2.1.1.6	<i>Bases biologiques et génétiques de l'activité physique</i>	121
3.2.1.1.7	<i>Habiletés motrices</i>	122
3.2.1.1.8	<i>Facteurs environnementaux</i>	123
3.2.1.2	Adultes	125
3.2.1.2.1	<i>Facteurs démographiques et biologiques</i>	125
3.2.1.2.2	<i>Facteurs génétiques</i>	125
3.2.1.2.3	<i>Facteurs psychosociaux</i>	127
3.2.1.2.4	<i>Facteurs socio-économiques</i>	128
3.2.1.2.5	<i>Facteurs psychosociaux, cognitifs et émotionnels</i>	128
3.2.1.2.6	<i>Facteurs comportementaux</i>	128
3.2.1.2.7	<i>Facteurs environnementaux</i>	131
3.2.1.3	Femmes en période de grossesse ou de post-partum	134
3.2.1.4	Personnes âgées de plus de 65 ans	135
3.2.1.4.1	<i>Facteurs sociodémographiques</i>	135
3.2.1.4.2	<i>Facteurs psychosociaux</i>	136
3.2.1.4.3	<i>Activité physique et exercice physique</i>	136
3.2.1.4.4	<i>Périodes de transition</i>	136
3.2.1.4.5	<i>Etudes qualitatives</i>	137
3.2.1.4.6	<i>Facteurs environnementaux</i>	139
3.2.1.5	Personnes déclarant une limitation fonctionnelle d'activité (LFA)	142
3.2.1.5.1	<i>Facteurs liés aux grandes fonctions</i>	142
3.2.1.5.2	<i>Facteurs contextuels</i>	143
3.2.1.5.3	<i>Raisons de non-engagement dans une pratique d'activité physique invoquées par les personnes LFA</i>	144
3.2.2	Facteurs associés aux comportements sédentaires	149
3.2.2.1	Enfants et adolescents	149
3.2.2.2	Adultes	153
3.2.2.2.1	<i>Facteurs sociodémographiques</i>	153
3.2.2.2.2	<i>Facteurs psychosociaux</i>	154
3.2.2.2.3	<i>Facteurs comportementaux</i>	154
3.2.2.2.4	<i>Facteurs environnementaux</i>	154
3.2.2.3	Femmes en période de grossesse ou de post-partum	155
3.2.2.4	Personnes âgées de plus de 65 ans	155
3.2.2.5	Personnes déclarant une limitation fonctionnelle d'activité (LFA)	157
3.3	Effets de l'activité physique et de la sédentarité sur la santé	159
3.3.1	Mortalité générale	159
3.3.1.1	Activité physique et mortalité générale	159
3.3.1.1.1	<i>Expertise collective Inserm (2008)</i>	159
3.3.1.1.2	<i>Données récentes</i>	159
3.3.1.2	Sédentarité et mortalité générale	164
3.3.1.2.1	<i>Expertise collective Inserm (2008)</i>	164
3.3.1.2.2	<i>Données récentes</i>	164
3.3.1.3	Compensation des effets de la sédentarité par l'activité physique	165
3.3.2	Diabète de type 2 (DT2)	167
3.3.2.1	Effets de l'activité physique	167
3.3.2.1.1	<i>Expertise collective Inserm (2008)</i>	167
3.3.2.1.2	<i>Données récentes</i>	167
3.3.2.2	Effets de la sédentarité	172
3.3.2.3	Caractéristiques de l'activité physique et du temps de sédentarité	173
3.3.3	Obésité	174
3.3.3.1	Effet de l'activité physique et de la sédentarité chez l'enfant et l'adolescent	174
3.3.3.1.1	<i>Enfants de 0 à 5 ans</i>	176
3.3.3.1.2	<i>Enfants de 6 à 11 ans</i>	177
3.3.3.1.3	<i>Adolescents (12 à 17 ans)</i>	178
3.3.3.2	Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité	179
3.3.3.3	Effet de l'activité physique et de la sédentarité sur le surpoids et l'obésité de l'adulte	180
3.3.3.3.1	<i>Expertise collective Inserm (2008)</i>	180
3.3.3.3.2	<i>Activité physique et prévention de la prise de poids</i>	181
3.3.3.3.3	<i>Activité physique et prévention de la reprise de poids</i>	183

3.3.3.3.4	<i>Activité physique et prévention des comorbidités de l'obésité</i>	184
	Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité	186
3.3.3.4	Activité physique et comportements alimentaires	188
3.3.3.4.1	<i>Effets de l'activité physique et de la sédentarité sur le comportement alimentaire de l'adulte</i>	189
3.3.3.4.2	<i>Effet de l'activité physique et de la sédentarité sur le comportement alimentaire de l'enfant et l'adolescent</i>	191
3.3.3.4.3	<i>Mécanismes d'action de l'activité physique sur le comportement alimentaire</i>	193
3.3.4	Maladies cardio-vasculaires	196
3.3.4.1	Prévalence et mortalité par maladies cardiovasculaires	196
3.3.4.2	Relation entre activité physique et mortalité d'origine cardiovasculaire	197
3.3.4.3	Prévention des pathologies cardio-vasculaires par l'activité physique	198
3.3.4.3.1	<i>Expertise collective Inserm (2008)</i>	198
3.3.4.3.2	<i>Données récentes</i>	199
3.3.4.4	Mécanismes d'action de l'activité physique	201
3.3.4.4.1	<i>Prévention des facteurs de risque</i>	201
3.3.4.4.2	<i>Prévention du remodelage vasculaire</i>	202
3.3.4.4.3	<i>Prévention des lésions d'ischémie-reperfusion</i>	202
3.3.4.5	Caractéristiques de l'activité physique	203
3.3.4.5.1	<i>Etat des recommandations générales en activité physique</i>	203
3.3.4.5.2	<i>Recommandations pratiques</i>	203
3.3.5	Cancers	206
3.3.5.1	Effet de l'activité physique sur le risque de cancer du côlon et du rectum	206
3.3.5.1.1	<i>Cancer du côlon</i>	206
3.3.5.1.2	<i>Cancer du rectum</i>	207
3.3.5.2	Effet de l'activité physique sur le risque de cancer du sein	207
3.3.5.2.1	<i>Caractéristiques de la population</i>	208
3.3.5.2.2	<i>Caractéristiques de l'activité physique</i>	208
3.3.5.3	Association entre activité physique et prévention primaire d'autres localisations de cancers	209
3.3.5.4	Mécanismes d'action de l'activité physique	209
3.3.5.5	Effet de la sédentarité sur le risque de cancer	210
3.3.5.6	Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité	211
3.3.6	Maladies respiratoires	212
3.3.6.1	Broncho-pneumopathie chronique obstructive	212
3.3.6.1.1	<i>Effets de l'activité physique sur le risque de broncho-pneumopathie chronique obstructive</i>	213
3.3.6.1.2	<i>Effet de la sédentarité sur le risque de broncho-pneumopathie chronique obstructive</i>	214
3.3.6.2	Maladie asthmatique	214
3.3.6.2.1	<i>Prévalence de l'asthme chez les jeunes</i>	214
3.3.6.2.2	<i>AP, sédentarité et prévalence de l'asthme chez les jeunes</i>	214
3.3.6.2.3	<i>AP chez les jeunes asthmatiques</i>	215
3.3.6.2.4	<i>Asthme et manifestations asthmatiformes chez l'adulte</i>	215
3.3.6.3	Caractéristiques de l'activité physique	217
3.3.7	Maladies ostéoarticulaires	218
3.3.7.1	Effet de l'activité physique sur le risque d'arthrose	218
3.3.7.1.1	<i>Etudes in vivo en IRM</i>	218
3.3.7.1.2	<i>Etudes clinique épidémiologiques</i>	218
3.3.7.2	Effet de l'activité physique sur le risque d'ostéoporose	219
3.3.7.2.1	<i>Effet de l'activité physique sur la masse osseuse</i>	220
3.3.7.2.2	<i>Effet de l'activité physique chez la femme ménopausée</i>	223
3.3.7.3	Effet de la sédentarité sur le risque d'ostéoporose	228
3.3.7.4	Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité	229
3.3.8	Maladies neurodégénératives (maladies d'Alzheimer et de Parkinson)	230
3.3.8.1	Maladie d'Alzheimer	231
3.3.8.1.1	<i>Effet de l'activité physique sur le risque de survenue de la maladie d'Alzheimer</i>	231
3.3.8.1.2	<i>Effets de la sédentarité sur le risque de survenue de la maladie d'Alzheimer</i>	233
3.3.8.1.3	<i>Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité</i>	233
3.3.8.2	Maladie de Parkinson	233
3.3.8.2.1	<i>Effets de l'activité physique sur le risque de survenue de la maladie de Parkinson</i>	233
3.3.8.2.2	<i>Effet de la sédentarité sur le risque de survenue de la maladie de Parkinson</i>	235
3.3.8.2.3	<i>Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité</i>	235
3.3.9	Maladies autoimmunes	237
3.3.10	Santé mentale et qualité de vie	237
3.3.10.1	Effet de l'activité physique	238

3.3.10.1.1	<i>Expertise collective Inserm (2008)</i>	238
3.3.10.1.2	<i>Données récentes</i>	239
3.3.10.1.3	<i>Mécanismes d'action de l'activité physique</i>	243
3.3.10.1.4	<i>Influence du stress psychologique sur la pratique d'activité physique</i>	243
3.3.10.2	Effets de la sédentarité sur la santé mentale.....	244
3.3.10.3	Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité	244
3.3.11	Phénomènes de compensation de l'activité physique par la sédentarité	246
3.3.12	Effets spécifiques dans certaines catégories de populations	250
3.3.12.1	Enfants et adolescents	250
3.3.12.1.1	<i>Effet de l'activité physique sur la santé</i>	250
3.3.12.1.2	<i>Effet de l'activité physique sur les facteurs de santé</i>	254
3.3.12.2	Femmes en période de grossesse et de post-partum.....	265
3.3.12.2.1	<i>Effets de l'activité physique et de la sédentarité au cours de la grossesse</i>	265
3.3.12.2.2	<i>Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité</i>	272
3.3.12.3	Personnes âgées de plus de 65 ans.....	274
3.3.12.3.1	<i>Sarcopénie et vieillissement neuromusculaire</i>	274
3.3.12.3.1	<i>Ostéoporose</i>	282
3.3.12.3.2	<i>Déclin cognitif</i>	286
3.3.12.3.3	<i>Risque de chute</i>	289
3.3.12.3.4	<i>Phénomènes de compensation de l'activité physique par la sédentarité</i>	296
3.3.12.4	Personnes déclarant une limitation fonctionnelle d'activité (LFA).....	297
3.3.12.4.1	<i>Expertise collective Inserm (2008)</i>	297
3.3.12.4.2	<i>Données récentes</i>	298
3.3.12.4.3	<i>Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité</i>	302
3.4	Relations entre l'activité physique, la sédentarité et le sommeil	306
3.4.1	Caractéristiques du sommeil de la population vivant en France	306
3.4.1.1	Enfants et adolescents	306
3.4.1.2	Adultes.....	308
3.4.1.3	Femmes en période de grossesse.....	310
3.4.1.4	Personnes âgées de plus de 65 ans.....	310
3.4.2	Rythme veille-sommeil.....	312
3.4.2.1	Régulation du sommeil et de la veille	312
3.4.2.2	Modèle de flip-flop pour les changements de stade de vigilance.....	316
3.4.3	Mécanismes d'action de l'activité physique sur le rythme veille-sommeil.....	317
3.4.3.1	Effet de l'activité physique sur les rythmes circadiens (flèche 1, figure 39)	317
3.4.3.2	Action directe de l'activité physique sur l'horloge interne (flèche 2, figure 39).....	319
3.4.3.3	Effets de l'activité physique sur le sommeil (flèche 3, figure 39).....	319
3.4.3.4	Action directe de l'activité physique sur l'éveil (flèche 4, figure 39)	320
3.4.3.5	Application en termes de santé : renverser un cercle vicieux pour le transformer en cercle vertueux.....	321
3.4.4	Effet de l'activité physique sur le sommeil au cours de la vie	322
3.4.4.1	Enfant et adolescent.....	322
3.4.4.2	Adultes.....	323
3.4.4.3	Personne âgée de plus de 65 ans	324
3.4.4.4	Personnes déclarant une limitation fonctionnelle d'activité (LFA).....	325
3.4.4.5	Femmes en période de grossesse.....	326
3.4.5	Risques liés à la privation de sommeil	327
3.4.5.1	Privation de sommeil et pratique d'activité physique	327
3.4.5.2	Activité physique, dette de sommeil et surpoids	328
3.4.5.2.1	<i>Relations entre sommeil et surpoids</i>	328
3.4.5.2.2	<i>Activité physique, sommeil et prise de poids</i>	329
3.4.5.2.3	<i>Mécanismes</i>	329
3.4.5.3	Activité physique, sommeil et risque cardiovasculaire : le rôle du système nerveux autonome	332
3.4.6	Caractéristiques de l'activité physique pour améliorer le sommeil.....	334
3.4.6.1	Activité physique occasionnelle	334
3.4.6.2	Activité physique régulière.....	335
3.4.6.3	Quand pratiquer ?.....	335
3.4.6.4	Intérêt de la pratique en extérieur.....	336

3.5	Caractérisation des risques liés à la pratique d'activité physique	339
3.5.1	Risques traumatiques liés à la pratique d'activité physique	339
3.5.1.1	Prévalence et nature des traumatismes	339
3.5.1.1.1	Activités pratiquées	340
3.5.1.1.2	Prévalence des BMS liés à l'activité physique	340
3.5.1.2	Origine des traumatismes	345
3.5.1.2.1	Élément déclencheur	345
3.5.1.2.2	Facteurs intrinsèques	346
3.5.1.2.3	Facteurs extrinsèques	348
3.5.1.2.4	Modèle plurifactoriel de Mac Intosh (2005)	348
3.5.1.3	Conséquences	349
3.5.1.3.1	Séquelles de traumatismes	349
3.5.1.3.2	Risque d'arthrose des membres inférieurs liés à l'activité physique	350
3.5.1.4	Mesures préventives	353
3.5.1.4.1	Matériel et équipement	353
3.5.1.4.2	Caractéristiques de l'activité physique	355
3.5.1.4.3	Étirements et souplesse	355
3.5.1.4.4	Échauffement	356
3.5.1.4.5	Renforcement musculaire	356
3.5.1.4.6	Motricité	356
3.5.1.5	Conclusion	357
3.5.2	Risques cardio-vasculaires liés à la pratique d'activité physique	358
3.5.3	Autres risques liés à la pratique d'activité physique	361
3.5.3.1	Dépendance et comportements compulsifs	361
3.5.3.2	Risques liés à l'environnement de pratique	362
3.5.3.2.1	Activité physique à la chaleur	362
3.5.3.2.2	Activité physique en ambiance polluée	364
3.5.3.3	Troubles hormonaux	374
3.5.3.3.1	Axe gonadotrope	374
3.5.3.3.2	Axe Somatotrope	377
3.5.4	Risques spécifiques à certaines populations	379
3.5.4.1	Enfants et Adolescents	379
3.5.4.1.1	Epidémiologie des blessures liées à l'activité physique	379
3.5.4.1.2	Facteurs associés aux blessures liées à l'activité physique de l'enfant	380
3.5.4.1.3	Coûts des blessures dues à la pratique d'activité physique	381
3.5.4.2	Femmes en période de grossesse	383
3.5.4.2.1	Prévalence et nature des événements indésirables	383
3.5.4.2.2	Risque de blessures liées à l'activité physique habituelle	384
3.5.4.3	Personnes âgées de plus de 65 ans	386
3.5.4.3.1	Intégrité physique	386
3.5.4.3.2	Régulation métabolique	387
3.5.4.4	Personnes déclarant une limitation fonctionnelle d'activité (LFA)	389
4	Conclusion et recommandations	396
4.1	Recommandations universelles	398
4.1.1	Recommandations pour les adultes	398
4.1.1.1	Activité physique et temps de sédentarité : quelles recommandations ?	398
4.1.1.2	Comment atteindre ces recommandations ?	400
4.1.1.3	Précautions à prendre lors de la pratique	401
4.1.2	Recommandations pour les femmes en période de grossesse ou de post-partum	402
4.1.2.1	Activité physique et temps de sédentarité : quelles recommandations ?	402
4.1.2.2	Comment atteindre ces recommandations ?	404
4.1.2.3	Précautions à prendre lors de la pratique	404
4.1.3	Recommandations pour les femmes ménopausées	405
4.1.4	Recommandations pour les enfants	406
4.1.4.1	Enfants de 0 à 5 ans	406
4.1.4.1.1	Activité physique et temps de sédentarité : quelles recommandations ?	406
4.1.4.1.2	Comment atteindre ces recommandations ?	407
4.1.4.2	Enfants de 6 à 11 ans	408
4.1.4.2.1	Activité physique et temps de sédentarité : quelles recommandations ?	408

4.1.4.2.2	Comment atteindre ces recommandations ?	409
4.1.4.3	Précautions à prendre lors de la pratique	411
4.1.5	Recommandations pour les adolescents (12 à 17 ans)	411
4.1.5.1	Activité physique et temps de sédentarité : quelles recommandations ?	411
4.1.5.2	Comment atteindre ces recommandations ?	412
4.1.5.3	Précautions à prendre lors de la pratique	413
4.1.6	Recommandations pour les personnes âgées de plus de 65 ans	413
4.1.6.1	Activité physique et sédentarité : quelles recommandations ?	413
4.1.6.2	Comment atteindre ces recommandations ?	415
4.1.7	Recommandations pour les personnes LFA	417
4.1.7.1	Activité physique et temps de sédentarité : quelles recommandations ?	417
4.1.7.1.1	Activité physique	417
4.1.7.1.2	Sédentarité	418
4.1.7.1.3	Chez les enfants et les adolescents LFA	419
4.1.7.2	Précautions à prendre lors de la pratique	419
4.1.8	Recommandations relatives au sommeil pour toutes les catégories de population	420
4.2	Recommandations ciblées	421
4.2.1	Recommandations destinées aux pouvoirs publics	422
4.2.1.1	Urbanisme	422
4.2.1.2	Milieu professionnel	422
4.2.1.3	Milieu éducatif	422
4.2.1.4	Personnes âgées de plus de 65 ans	423
4.2.1.5	Personnes LFA	424
4.2.2	Recommandations destinées aux professionnels de la santé	424
4.2.3	Recommandations destinées aux professionnels de l'activité physique et du sport	424
4.2.4	Recommandations de recherche	425
4.2.4.1	Adultes	425
4.2.4.2	Femmes en période de grossesse et de post-partum	426
4.2.4.3	Femmes ménopausées	426
4.2.4.4	Enfants	426
4.2.4.4.1	Enfants de 0 à 5 ans	426
4.2.4.4.2	Enfants de 6 à 10 ans	426
4.2.4.5	Adolescents	427
4.2.4.6	Personnes âgées de plus de 65 ans	427
4.2.4.7	Personnes LFA	428
4.2.4.8	Sommeil	428
4.3	Conclusion générale	429
Bibliographie	431	
ANNEXES	546	
Annexe 1 : Lettre de saisine	547	
Annexe 2 : Recommandations édictées par le Club des Cardiologues du Sport	549	

Sigles et abréviations

Afssa : Agence française de sécurité sanitaire des aliments

AP : Activité physique

APA : Activité physique adaptée

APH : Activité physique habituelle

APME : Activité physique d'intensité modérée à élevée

BMS : Blessure musculo-squelettique

Bpm : Battements par minute

CES : Comité d'expert spécialisé

Cpm : Coups par minute

CMO : Contenu minéral osseux

DE : Dépense énergétique

DG : Diabète gestationnel

DGS : Direction générale de la santé

DMO : Densité minérale osseuse

DT2 : Diabète de type 2

DROM-COM : Départements et régions d'outre-mer et collectivités d'outre-mer

ECR : Etudes contrôlées randomisées

ENNS : Etude nationale nutrition santé

EPS : Education physique et sportive

FC : Fréquence cardiaque

FC max : Fréquence cardiaque maximale

FCr : Fréquence cardiaque de réserve, calculable avec la formule de Karvonen.

GPAQ : Global physical activity questionnaire (questionnaire mondial sur la pratique d'activités physiques)

GT : Groupe de travail

IMC : Indice de masse corporelle

INCA : étude individuelle nationale des consommations alimentaires

INCa : Institut national du cancer

Inserm : Institut national de la santé et de la recherche médicale

IPAQ : Questionnaire international sur l'activité physique (international physical activity questionnaire)

LFA : Limitation fonctionnelle d'activité (sigle retenu par le GT pour désigner les personnes déclarant une limitation fonctionnelle ou une restriction de participation sociale due à leur état de santé)

MB : Métabolisme de base

MET : Equivalent métabolique (metabolic equivalent of task)

OMS : Organisation mondiale de la santé

PNNS : Programme national nutrition santé

QdV : Qualité de vie

RM : répétition maximum (nombre maximal de répétition pour un mouvement donné)

SES : Statut socio-économique

SIG : Système d'information géographique

VO₂max : Consommation maximale d'oxygène mesurée au cours d'une épreuve à puissance croissante

VO₂pic : Consommation maximale de d'oxygène mesurée au cours d'une épreuve à puissance croissante, sans que les critères d'atteinte de VO₂max ne soient obtenus.

WHO : World health organization (organisation mondiale de la santé)

Liste des tableaux

Tableau 1. Modèle bidimensionnel du profil de comportement (adapté de Saunders 2014)	24
Tableau 2. Classification des activités physiques en fonction de leurs intensités et de l'évaluation subjective de leur tolérance (adapté de Norton et al. 2012).....	29
Tableau 3. Populations considérées dans le rapport	38
Tableau 4. Prévalence des limitations fonctionnelles (degré de sévérité non considéré)	40
Tableau 5. Méthodes de mesure des comportements (activité physique et sédentarité) et de la dépense énergétique (adapté de LaMonte and Ainsworth 2001)	42
Tableau 6. Synthèse des attributs des différentes méthodes d'évaluation de l'activité physique chez les enfants et adolescents (Guinhouya 2012)	52
Tableau 7. Les cinq niveaux d'activité physique du système CARS (DuRant et al. 1993b).....	53
Tableau 8. Caractéristiques de quelques modèles de questionnaires d'activité physique (Guinhouya 2012).....	55
Tableau 9. Caractéristiques des différentes méthodes d'observation comportementale	56
Tableau 10. Seuils validés et indicateurs de fréquence cardiaque utilisables	58
Tableau 11. Caractéristiques générales de quelques podomètres usuels	60
Tableau 12. Seuils validés pour la réduction des données et indicateurs utilisables pour différents modèles d'accéléromètre, exprimés pour une collecte de données toutes les minutes	64
Tableau 13. Comparatif des différentes techniques d'exploration de l'activité physique en population pédiatrique	68
Tableau 14. Instruments génériques d'évaluation de la qualité de vie et ses rapports avec l'activité physique.....	75
Tableau 15. Pourcentages de pratiquants dans les différentes enquêtes nationales, en fonction des niveaux d'activité physique considérés	90
Tableau 16. Temps moyen d'activité physique par jour chez les 65-75 ans, selon le sexe et le contexte - Baromètre santé 2008 (Vuillemin et al. 2009).....	96
Tableau 17. Déterminants et facteurs associés de l'activité physique chez les adultes (adapté de Bauman et al. 2012)	129
Tableau 18. Déterminants et facteurs associés environnementaux de l'activité physique chez les adultes (adapté de Bauman et al. 2012)	132
Tableau 19. Déterminants et facteurs associés de l'activité physique chez les personnes âgées (adapté de Bauman et al. 2012)	138
Tableau 20. Déterminants et facteurs associés environnementaux de l'activité physique chez les personnes âgées (adapté de Bauman et al. 2012)	140
Tableau 21. Principales caractéristiques des études de prévention du diabète de type 2 par l'AP ...	168
Tableau 22. Relations entre activité physique et obésité et niveau de preuves scientifiques	180
Tableau 23. Efficacité des programmes d'exercices par rapport au groupe contrôle sur la modification de la DMO aux principaux sites d'évaluation (rachis, col fémoral, hanche totale, trochanter) et sur le risque de fracture	226
Tableau 24. Valeurs de VO ₂ max déterminant les seuils de risque cardio-vasculaires en fonction de l'âge et du sexe (adapté de Tomkinson 2011b)	258

Tableau 25. Type d'associations observées pour les résultats scolaires, le comportement de l'élève, les habiletés cognitives et les attitudes (d'après Centers for Disease Control and Prevention 2010).....	262
Tableau 26. Part des accidents mis au regard des taux de pratique en France (Enquête pratique physique et sportive 2010).....	341
Tableau 27. Causes des traumatismes en fonction du sport pratiqué (InVS 2004-2005)	346
Tableau 28. Sports Paralympiques classés par risque de blessures (Ferrara and Peterson 2000)...	392
Tableau 29. Contre-indications à l'activité physique pendant la grossesse selon la Société Canadienne de Gynécologie et d'Obstétrique et la Société Canadienne de Physiologie de l'Exercice.....	405
Tableau 30. Exemples d'AP pour la population générale	416
Tableau 31. Pénibilité et contraintes cardio-respiratoires d'une intensité absolue d'AP en fonction des valeurs individuelles de VO ₂ max (Howley 2001).....	418

Liste des figures

Figure 1. Relations entre activité physique sédentarité, santé, sommeil et stress qualité de vie.....	18
Figure 2. Définition des sous domaines de l'AP (adapté de Khan et al. 2012).....	22
Figure 3. Lien entre activité physique, sport et exercice (adapté de Khan et al. 2012).	24
Figure 4. Patron des activités physiques quotidiennes (adapté de Norton et al. 2010).....	31
Figure 5. Evolution de la prévalence des limitations fonctionnelles avec l'âge (DREES 2011).....	41
Figure 6. Guide d'utilisation pour les questionnaires d'activité physique, en 6 étapes (adapté de Ainsworth et al. 2012).	44
Figure 7. Questions méthodologiques impactant les mesures de l'AP et de la sédentarité (adapté de Pettee Gabriel et al. 2012).....	49
Figure 8. Différentes approches pour mesurer l'activité physique et la sédentarité à l'aide de méthodes déclaratives et objectives (adapté de Troiano et al. 2012).	50
Figure 9. Pourcentages de jeunes qui atteignent le minimum de 60 minutes d'APME par jour (données de l'enquête HBSC 2009-2010).....	82
Figure 10. Moyenne géométrique des pas réalisés par jour par des enfants et adolescents du Nord-Pas de Calais (d'après Romon et al. 2004).	86
Figure 11. Médiane des pas réalisés par jour par des enfants et adolescents du Nord-Pas de Calais (d'après Jacobi et al. 2011).	86
Figure 12. Evolution de l'activité physique des femmes pendant et après la grossesse (adaptée de Borodulin et al. 2009).....	95
Figure 13. Taux de participation sportive parmi les personnes ayant une déficience, en fonction de l'âge (incluant et excluant la marche – selon l'étude nationale SportEngland 2002).	99
Figure 14. Taux de pratique sportive selon la présence de déficience et l'âge décennal (après pondération) Enquêtes HID Institution 1998 et Domicile 1999 (Marcellini et al. 2003a).	100
Figure 15. Taux de pratique sportive selon le type de déficience (après pondération) Enquêtes HID Institution 1998 et Domicile 1999 – 5-74 ans (Marcellini et al. 2003a).	101
Figure 16. Répartition par âge décennal des sportifs et non-sportifs selon l'âge dans la population globale et dans la population déficiente (après pondération) Enquêtes HID Institution 1998 et Domicile 1999 – 5-74 ans (Marcellini et al. 2003a).	103
Figure 17. Modèle écologique des déterminants de l'activité physique (adapté de Bauman et al. 2012).	117
Figure 18. Estimation de l'héritabilité d'origine génétique dans la variance inter-individuelle de variables physiologiques, mesurées avant entraînement (état de base) et en réponse à un entraînement, après correction par la variance de base (adapté de Mann et al. 2014).	127
Figure 19. Modèle écologique du comportement sédentaire (adapté de Owen et al. 2011).	150

Figure 20. Régulation centrale des homéostats d'origine physiologique et comportementale	188
Figure 21. Progression schématique du mode de vie vers les facteurs de risque et les maladies cardiovasculaires (d'après Kokubo 2012).	196
Figure 22. Représentation des relations entre stress psychologique, activité physique, facteurs de risque nutritionnels et obésité (adapté de Barrington et al. 2012).	238
Figure 23. Relation entre l'activité physique et la santé tout au long de la vie	250
Figure 24. Diminution des performances physiques (endurance, puissance et vitesse) des enfants et des adolescents de 1960 à 2000 (adapté de Tomkinson 2007).	251
Figure 25. Influence du profil cardiovasculaire sur la condition physique	252
Figure 26. Influence de la condition physique sur la résistance à l'insuline en fonction du statut pondéral (Eisenmann et al. 2007).	253
Figure 27. Effet combiné du niveau de condition physique cardio-respiratoire et d'aptitude musculaire sur les facteurs de risque cardio-vasculaire (adapté d'Artero et al. 2011).	255
Figure 28. Représentation schématique de l'évolution théorique de la densité osseuse en fonction de l'âge et de l'activité physique (adapté de Twisk 2001).	260
Figure 29. Représentation du processus sarcopénique (adapté de Narici et Maffulli 2010).	278
Figure 30. Représentation schématique du processus du vieillissement osseux et de ses conséquences (Paillard 2009).	283
Figure 31. Evolution de la fonction d'équilibration avec l'avancée en âge (adaptée de Vincent 1993).	290
Figure 32. Réduction de la durée de sommeil de 1913 (bleu) à 2006 (jaune) en fonction de l'âge des enfants et des adolescents (National Sleep Foundation 2006, Terman and Hocking 1913).	307
Figure 33. Recommandations de la National Sleep Fondation (NSF).	308
Figure 34. Durée moyenne du sommeil des adultes français (Enquête INSV 2012).	309
Figure 35. Modèle de régulation à 2 processus (adapté de Daan et al. 1984a).	313
Figure 36. Modèle « ATP-cytokine-adénosine » de Krueger (adapté de Krueger 2008b).	314
Figure 37. Régulation circadienne et homéostasique des cycles veille-sommeil	315
Figure 38. Modélisation d'un mécanisme de « flip-flop » au niveau de l'hypothalamus (adapté de Saper, Chou et Scammell 2001).	316
Figure 39. Représentations schématiques des interrelations entre la régulation des cycles veille-sommeil et l'activité physique (adapté de Davenne 2009).	317
Figure 40. Représentation schématique des effets de l'activité physique sur le rythme circadien de la température centrale (Davenne 2005a).	318
Figure 41. Modèle de Daan (Daan et al. 1984b).	320
Figure 42. Amélioration de la qualité de la vie au travers d'un cercle vertueux, déclenché par la pratique régulière d'activité physique (adapté de Davenne 2005b).	321
Figure 43. Effet du vieillissement sur les rythmes circadiens (d'après van Someren et al. 1997a).	324
Figure 44. Relation entre la durée de sommeil et le tour de taille	328
Figure 45. Relation entre durée du sommeil, niveau d'activité physique et risque d'obésité chez l'enfant et l'adolescent (Shi et al. 2010).	329
Figure 46. Mécanismes des effets de la réduction partielle du sommeil sur le contrôle de la masse grasse (Shlisky et al. 2012).	331
Figure 47. Schéma des mécanismes impliqués dans l'augmentation de la prise alimentaire suite à une réduction de la durée du sommeil d'après (Chaput and St-Onge 2014).	331
Figure 48. Répartition des accidents par activité physique et par sexe (Thélot 2009).	343
Figure 49. Lésions traumatiques en fonction de l'activité physique pratiquée	344
Figure 50. Modèle explicatif de la survenue d'un traumatisme lié à la pratique d'AP (adapté de Bahr et Krosshaug 2005).	349
Figure 51. Relation dose-effets protecteurs de l'AP sur le risque de maladies coronariennes (Sattelmair et al. 2011).	397

1 Contexte, objet et modalités de traitement de la saisine

1.1 Contexte

L'Agence française de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) a été saisie le 5 avril 2012 par la Direction Générale de la Santé (DGS) pour une actualisation des repères nutritionnels du Programme national nutrition santé (PNNS).

Le PNNS est un plan national de santé publique mis en place en 2001. Il vise l'amélioration de l'état de santé de la population dont les actions comprennent de propositions de recommandations nutritionnelles scientifiquement étayées. Le PNNS s'intéresse spécifiquement à la nutrition comme déterminant de la santé ; le terme de « nutrition » étant entendu, dans le cadre du PNNS comme dans le cadre de ce rapport, comme l'ensemble des comportements relatifs à l'alimentation et à l'activité physique (AP). Ce rapport s'intéressera spécifiquement à l'AP et à la sédentarité. Les questions liées à l'alimentation feront l'objet d'un autre rapport.

Pour le PNNS 2001-2005, l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) a élaboré les bases scientifiques pour la formulation des recommandations nutritionnelles, qui ont servi de base aux messages du PNNS émis par les pouvoirs publics (successivement 2001-2005 2006-2010 et 2011-2015).

Le PNNS 2011-2015 prévoit « l'actualisation des repères nutritionnels » (action 11,1), ce qui a conduit la DGS à saisir l'Anses en 2012.

Les recommandations actuelles du PNNS sont intégrées dans les objectifs poursuivis par l'axe 2 de ce programme qui consiste à « développer l'activité physique et sportive et limiter la sédentarité ». Dans cet axe stratégique, les actions proposées fixent comme objectifs d'augmenter de 20 % la proportion des hommes ayant un niveau élevé d'AP, de 25 % celle des femmes et de 20 % la proportion d'individus ayant un niveau moyen d'AP. L'augmentation de l'AP et la lutte contre la sédentarité constitue un objectif pour l'ensemble de la population (adultes, enfants et adolescents, personnes en situation de handicap, défavorisées, âgées ou atteintes de maladies chroniques).

Afin d'atteindre ces objectifs, le PNNS recommande, pour les adultes, d'effectuer l'équivalent d'au moins 30 minutes de marche rapide par jour, recommandation reprise dans l'annexe de la loi relative à la politique de santé publique de 2004 à raison de cinq fois par semaine. Cette recommandation s'applique également aux adolescents et aux personnes âgées de plus de 50 ans. Pour les enfants, le PNNS recommande au moins l'équivalent d'une heure de marche rapide par jour.

A l'échelle internationale, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a émis des recommandations par classe d'âge¹, exprimées par semaine. Pour les adultes (de 18 à 64 ans), l'OMS recommande la pratique d'au moins 150 minutes par semaine d'AP d'intensité modérée, ou au moins 75 minutes par semaine d'AP d'intensité élevée. L'OMS recommande également la pratique d'exercices de renforcement musculaire faisant intervenir les principaux groupes musculaires, au moins deux jours par semaine. Chez les personnes de 65 ans et plus, les recommandations sont identiques. En situation de mobilité réduite, l'OMS recommande une AP permettant d'améliorer l'équilibre et de diminuer les chutes, au moins trois fois par semaine. Chez les personnes ne pouvant atteindre ces recommandations, il s'agit d'être aussi actif que possible. Pour les enfants de 5 à 17 ans, l'OMS recommande au

¹ http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_recommendations/fr/

moins 60 minutes par jour d'activité physique d'intensité modérée à élevée, de préférence une activité d'endurance cardio-respiratoire, une AP d'intensité élevée étant recommandée au moins trois fois par semaine.

Pour toutes les populations, l'OMS précise qu'une durée supérieure de pratique d'AP permet d'obtenir des bénéfices supplémentaires.

1.2 Objet de la saisine

L'Anses a considéré que la réponse à la question posée est soumise à l'évaluation des bénéfices et des risques liés à la pratique d'AP, à l'inactivité physique et à la sédentarité. La révision des recommandations s'appuiera ainsi sur les données scientifiques disponibles et analysées. Ces recommandations devraient viser à favoriser l'adoption d'un mode de vie actif, en augmentant la pratique régulière de l'activité physique et en limitant la sédentarité. Elles seront proposées par tranche d'âge de la population. Conformément aux objectifs de l'axe 2 du PNNS, des recommandations seront également proposées pour les personnes âgées et les personnes déclarant une limitation fonctionnelle d'activité (LFA). Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une politique européenne de promotion d'un mode de vie actif.

L'actualisation des repères sera envisagée ici dans le contexte général de la prévention primaire. La prévention primaire sera considérée dans ce rapport telle que définie par l'OMS dès 1948, proposant une classification des actions de prévention suivant le stade des maladies. L'OMS définit la prévention primaire comme l'ensemble des actes visant à diminuer l'incidence d'une maladie dans une population et donc à réduire, autant que faire se peut, les risques d'apparition de nouveaux cas. Les conduites à risque, au niveau individuel et au niveau collectif (risques environnementaux ou sociétaux) sont à considérer à ce stade de prévention.

Afin de répondre à cette saisine et actualiser les recommandations, un état des lieux de ces pratiques sera réalisé pour les personnes vivant en France ainsi qu'une caractérisation des freins et leviers favorisant ces comportements. Les effets de ces pratiques sur la santé ainsi que les risques liés à la pratique d'AP seront également analysés.

Par ailleurs, les relations et interactions entre sommeil, activité physique et facteurs de risque de pathologies chroniques seront également envisagées. En effet, l'activité physique peut avoir un effet direct, en diminuant le risque de pathologies chroniques (comme l'obésité, le diabète de type 2 ou les cancers) ou indirect, via la régulation du sommeil et du stress psychologique. Ce sont ces interactions multiples et réciproques entre activité physique, sommeil, stress psychologique et pathologies chroniques qui justifient l'intégration de ces différentes notions dans le rapport et dans les recommandations proposées (Figure 1).

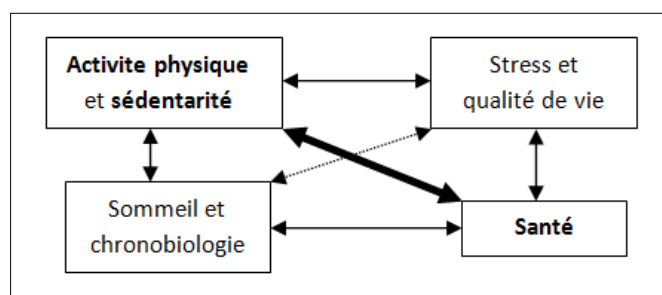


Figure 1. Relations entre activité physique sédentarité, santé, sommeil et stress qualité de vie.

1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre

Pour réaliser cette expertise, l'Anses a mis en place plusieurs groupes de travail (GT). Un groupe consacré à l'AP, intitulé « Actualisation des repères du PNNS : révision des repères liés à l'AP » a été créé. Pour la constitution de ce groupe de travail, un appel à candidature a été lancé. Il s'agit, pour l'Agence, de la première expertise consacrée à l'activité physique.

L'Anses a confié au groupe de travail « Actualisation des repères du PNNS : révision des repères liés à l'activité physique et à la sédentarité » rattaché au comité d'experts spécialisé (CES) « Nutrition Humaine » l'instruction de cette saisine.

Les travaux d'expertise du groupe de travail ont été soumis régulièrement au CES. Le rapport produit par le groupe de travail tient compte des observations et éléments complémentaires transmis par les membres du CES.

Ces travaux sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires.

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – prescriptions générales de compétence pour une expertise (Mai 2003) »

1.4 Prévention des risques de conflits d'intérêts

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont rendues publiques *via* le site internet de l'Anses (www.anses.fr).

2 Méthode d'expertise

2.1 Présentation de la stratégie de recherche de données retenues

De nombreux travaux scientifiques d'ampleur ont déjà été réalisés par des organismes nationaux et internationaux sur les questions des liens entre l'activité physique (AP) et le maintien de l'état de santé, mais aussi sur les déterminants des comportements d'activité et de sédentarité. En 2008, une Expertise collective et pluridisciplinaire a notamment été réalisée par l'Inserm, portant sur l'Activité physique - Contextes et effets sur la santé (Inserm 2008). Par ailleurs, un rapport sur les inégalités sociales, ayant considéré ces questions d'un point de vue socio-économique, a également été considéré dans ce travail (Inserm 2014).

Une recherche bibliographique a été réalisée, utilisant notamment PubMed et parfois complété par des recherches dans d'autres bases de données comme Web of science.

En ce qui concerne la description des comportements d'activité physique et de sédentarité dans la population française, les données d'enquêtes nationales représentatives des comportements des français les plus récentes ont été utilisées. Il s'agit notamment des enquêtes INCA 2 et ENNS basées sur des mesures déclaratives selon des questionnaires validés au niveau international (questionnaires IPAQ, GPAQ, etc.). Ces données ont été complétées par des données issues d'études moins larges réalisées sur des populations françaises et utilisant d'autres outils de mesure de l'activité physique (mesures objectives tels que podomètres, des accéléromètres ou fréquence cardiaque).

En ce qui concerne l'identification des facteurs associés à la pratique d'activité physique, l'objectif initial du groupe était de distinguer les facteurs pouvant être considérés comme des déterminants ou des freins à la pratique de l'AP de ceux apparaissant seulement comme des facteurs associés à celle-ci. Chez les adultes, une revue récente de Bauman et al. (2012) a constitué le point de départ de la description de ces facteurs. L'analyse approfondie du rôle des facteurs socio-économiques, réalisées dans l'Expertise collective Inserm (2014) précédemment évoqué, a également été utilisée.

En ce qui concerne l'analyse des relations entre l'AP, la sédentarité et la santé, l'Expertise collective Inserm (2008) a été choisie, après examen, comme point de départ de la recherche bibliographique. Ainsi, la démarche des experts du groupe a consisté à rappeler les conclusions du rapport initial de l'Inserm et à analyser les données bibliographiques ultérieures. Au regard des données épidémiologiques disponibles, les situations physiopathologiques suivantes ont été considérées : mortalité, maladies cardiovasculaires, diabète de type 2, obésité, cancers (cancer du sein et cancer colorectal notamment), maladies respiratoires, maladies ostéo-articulaires, maladies neurodégénératives, maladies autoimmunes, anxiété, dépression et santé mentale ainsi que la qualité de vie. Pour les cancers, les conclusions du rapport du WCRF et ses mises à jour ont également été considérées dans l'analyse des relations.

En ce qui concerne l'identification des risques, plusieurs d'entre eux étaient déjà identifiés par l'Expertise collective Inserm (2008) et ont aussi fait l'objet d'une analyse dans le cadre de ce rapport (risques traumatiques, cardiovasculaires d'addiction et de troubles hormonaux). Par ailleurs, les risques liés à la pratique d'AP dans un environnement pollué ou en conditions climatiques chaudes ont été évalués.

En ce qui concerne le sommeil, après un rappel de la physiologie du sommeil et des rythmes circadiens, les effets de l'AP et de la sédentarité sur la régulation de ces rythmes ainsi que les risques liés à une privation de sommeil ont été évalués. En termes de sélection des études, les méta-analyses ont tout d'abord été étudiées ainsi que les articles ayant quantifié l'AP et le sommeil ou les rythmes biologiques par des méthodes objectives (cardiofréquence-mètre, électroencéphalographie, actimétrie). Dans un second temps, les

données subjectives ont été considérées (questionnaires, échelles d'évaluation, etc.). Une attention particulière a aussi été portée au nombre de sujets concernés.

Enfin, plusieurs parties prenantes ont été auditionnées par l'Anses dans le cadre de cette saisine :

- Réseaux sport-santé : Saphyr de Lorraine (M. Patrick Laure) et EfforMip de Midi-Pyrénées (Pr. Daniel RIVIERE) ;
- Société Française de Médecine de l'Exercice et du Sport (M. Jehan Lecocq) ;
- Société Française des Professionnels en Activités Physiques Adaptées (M. Paquito Bernard).

2.2 Définitions des concepts

L'implication des différents acteurs autour de l'objectif de promotion de l'AP et de lutte contre la sédentarité implique l'adoption d'une terminologie commune et la définition précise des termes et des concepts employés. Seront notamment définis : l'activité physique, l'inactivité et la sédentarité, le sommeil, le stress, l'anxiété et la qualité de vie.

2.2.1 Activité physique, inactivité et sédentarité

2.2.1.1 Définitions des termes

2.2.1.1.1 Santé

Depuis la prise de conscience générale de l'intérêt de la pratique régulière de l'AP pour la santé, les recommandations en AP ont principalement concerné les bénéfices attendus sur la santé physique et sur la prévention de survenue de pathologies chroniques, dites « non-transmissibles ». Cependant, conformément à la définition que l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a proposée de la santé, cet état relève de 3 domaines très complémentaires, la santé physique, la santé mentale et la santé sociale (OMS, 1946). La santé résulte d'un état de complet bien-être de ces trois composantes et ne relève pas uniquement de l'absence de maladie ou d'infirmité.

2.2.1.1.2 Activité physique (AP)

L'AP est définie comme « tout mouvement corporel produit par contraction des muscles squelettiques entraînant une augmentation de la dépense énergétique par rapport à la dépense énergétique de repos » (Caspersen et al. 1985). Elle constitue la composante la plus variable de la dépense énergétique totale d'un individu. L'AP regroupe l'ensemble des activités qui peuvent être pratiquées dans différents contextes en poursuivant des objectifs variés (utilitaires, sanitaires, sociaux, etc.). Les principaux domaines de pratique d'AP sont le travail, les transports, les activités domestiques et les loisirs. Ces derniers incluent l'exercice, le sport et l'AP de loisirs non structurée.

L'AP est avant tout un comportement qui peut être caractérisé par plusieurs paramètres dont les plus utilisés sont identifiés sous le nom de modèle FITT (Fréquence, Intensité, Type, Temps) (Barisic et al. 2011) :

- fréquence des sessions d'AP : quelles que soient les modalités de l'AP, la fréquence de pratique permet de rendre compte de la répétition des périodes d'activité dans un espace-temps ;
- intensité : exprime le niveau d'une activité ou d'un exercice qui se traduit le plus souvent par un coût énergétique (cf. 2.2.1.3. Intensité de l'activité physique).

- Dans le langage courant, le terme « d'effort » est généralement utilisé, il n'a toutefois pas d'expression physiologique ;
- type d'AP : permet d'envisager les effets physiologiques attendus d'une activité spécifique en termes d'amélioration des capacités cardiorespiratoires (endurance), renforcement musculaire, souplesse, etc. ;
 - temps ou durée d'une session : exprime le temps pendant lequel l'AP aura été pratiquée.

Le terme de « quantité d'AP » utilisée dans le rapport se définit, sur une période donnée (jour, semaine, etc.), par son intensité, sa durée et sa fréquence. D'autres indicateurs peuvent être également utilisés pour décrire ce comportement tels que la pratique d'une activité structurée, encadrée ou non.

Si le terme « exercice » est souvent utilisé pour parler d'AP, ces deux termes ne sont pas synonymes. L'exercice constitue un sous-ensemble de l'AP (Figure 2) : il s'agit d'une « activité physique planifiée, structurée, répétitive dont l'objectif est l'amélioration ou le maintien d'une ou plusieurs composantes de la condition physique » (Caspersen et al. 1985). Contrairement à l'activité sportive, l'exercice est souvent réalisé sans infrastructures lourdes et sans équipements spécifiques (Caspersen et al. 1985).

Le sport constitue également un sous-ensemble de l'AP (Figure 2) au cours duquel les participants adhèrent à un ensemble commun de règles (ou d'attentes) et où un objectif est défini (Khan et al. 2012).

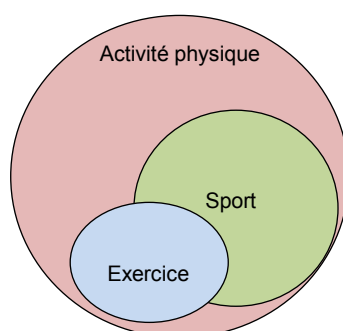


Figure 2. Définition des sous domaines de l'AP (adapté de Khan et al. 2012).

2.2.1.1.3 Inactivité physique

Le terme « inactif » caractérise un niveau insuffisant d'AP d'intensité modérée à élevée (APME), c'est-à-dire inférieur au seuil d'AP recommandé² (Sedentary Behaviour Research Network 2012).

² En France, ce seuil est actuellement de 30 minutes d'AP d'intensité modérée par jour.

2.2.1.1.4 Sédentarité

La sédentarité (ou comportement sédentaire) est définie comme une situation d'éveil caractérisée par une dépense énergétique inférieure ou égale à 1,5 MET³ en position assise ou allongée (Tremblay 2012).

L'évolution des comportements sédentaires résulte de profonds changements environnementaux, sociaux et technologiques qui ont entraîné une diminution de l'AP quotidienne qui s'est traduite par un renforcement des activités réalisées en position assise (Owen et al. 2010). La quasi-totalité de l'augmentation du temps passé en position assise peut être attribuée à la diminution du temps passé à des activités de faible intensité (Owen et al. 2010) alors qu'elles sont le facteur prédominant de la dépense énergétique quotidienne (Donahoo et al. 2004, Norton et al. 2010).

Comme pour l'AP, le comportement sédentaire peut être caractérisé par différents paramètres. Ces paramètres ont été moins étudiés que ceux de l'AP. Un travail actuellement en cours vise à établir une taxonomie commune des comportements sédentaires (SITTONOMY⁴, Chastin et al. 2013) : il permet de prendre en considération le contexte général (travail, loisirs, repas, etc.), l'environnement, la position adoptée (allongé, assis), le contexte social (seul ou non), la méthode de mesure (auto-rapportée, objective), les comportements associés (alimentation, boissons, etc.), le statut (physique et psychologique), temps/moment (de la journée, de l'année), le type d'activité (avec ou sans écran).

Actuellement, la sédentarité est mesurée par le temps passé devant un écran, ce temps étant considéré comme passé en position assise ou allongée. Le groupe de travail souhaite attirer l'attention sur le fait que ce temps passé devant un écran ne représente qu'une part réduite de la sédentarité.

2.2.1.1.5 Relations entre activité physique, inactivité et sédentarité

Le comportement sédentaire est reconnu comme un comportement distinct du comportement d'AP avec ses effets propres sur la santé (Booth et al. 2000, Hamilton et al. 2007, Katzmarzyk et al. 2009, te Velde et al. 2007) et ne peut pas être uniquement défini par le manque d'AP (Rosenberg et al. 2008, Spanier et al. 2006). Dans les études une confusion persiste encore aujourd'hui entre les termes d'inactivité et de sédentarité (Inserm 2014), ce qui rend complexe la comparaison et l'interprétation des résultats.

La figure 3 illustre les liens entre ces différents concepts en présentant deux profils d'AP. Ainsi, une personne peut être considérée comme très active (quantité élevée d'AP professionnelle, domestique ou liée au transport) sans s'engager dans le sport ou l'exercice (Figure 3.A). Parallèlement, une personne peut être active, en s'engageant régulièrement dans des AP (exemple du sport ou de l'exercice), tout en étant très sédentaire (Figure 3.B). Il est donc possible d'être actif et sédentaire ou physiquement inactif mais non sédentaire ; ces profils présentant tous deux des bénéfices et des risques sanitaires.

³ Metabolic Equivalent Task, multiple du métabolisme de repos.

⁴ Sedentary Behavior International Taxonomy.

Figure 3.A

Activité physique = 300 min/sem

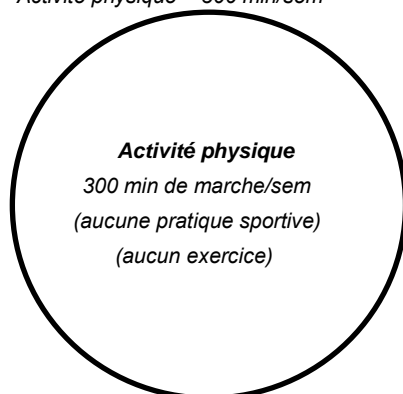
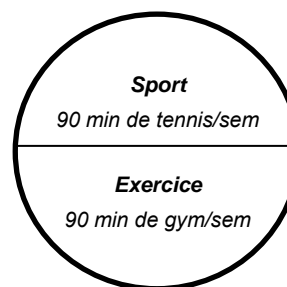


Figure 3.B

Activité physique = 180 min/sem

**Figure 3. Lien entre activité physique, sport et exercice (adapté de Khan et al. 2012).**

Chez l'enfant et l'adolescent, bien que les niveaux d'activité physique recommandés soient toujours discutés, quatre profils comportementaux ont été décrits: « inactif et sédentaire », « actif et sédentaire », « actif et non sédentaire », « inactif et non sédentaire » (Tableau 1 ; Saunders 2014).

Tableau 1. Modèle bidimensionnel du profil de comportement (adapté de Saunders 2014)

	AP faible	AP élevée
Sédentarité élevée	Inactif et sédentaire	Actif et sédentaire
Sédentarité faible	Inactif et non sédentaire	Actif et non sédentaire

Chez l'adulte, cinq profils ont été identifiés (Tableau 2 ; Omorou et al. 2015):

- quantité d'AP totale faible, transport actif faible et comportements sédentaires faible ;
- quantité d'AP totale faible et comportements sédentaires modérés ;
- quantités d'AP totale et de loisirs faibles, comportements sédentaires élevés ;
- quantité d'AP totale élevée, AP au travail d'intensité modérée et comportements sédentaires modérés ;
- quantité d'AP totale élevée, AP au travail d'intensité élevée et comportements sédentaires faibles.

Dans le cadre de différentes pathologies chroniques, la sédentarité et l'AP influenceraient de manière indépendante l'état de santé (Hu et al. 2001, Warburton et al. 2006). Des études ont cependant suggéré que les effets secondaires sur la santé associés à un temps de sédentarité trop élevé pourraient être compensés par l'AP (Chau et al. 2013, Maher et al. 2014). De même, les effets bénéfiques attendus d'une AP régulière pourraient être amoindris voire annulés par des hauts niveaux de sédentarité (Healy et al. 2007, 2008a).

Tableau 2 : Représentation des différents profils de comportement identifiés chez l'adulte dans la population française (adapté de Omorou et al. 2015)

Profils	Activité physique	Comportements sédentaires	Pourcentage de la population
1	Quantité totale : faible Transport actif : faible	Faibles	41 %
2	Quantité totale : faible	Modérés	22 %
3	Quantité totale : faible AP de loisirs : faible	Elevés	15 %
4	Quantité totale : élevée AP au travail ⁵ : intensité modérée	Modérés	17 %
5	Quantité totale : élevée AP au travail : intensité élevée	Faibles	5 %

2.2.1.2 Types d'activité physique

Quel que soit le contexte ou le domaine dans lequel l'AP est exercée (travail, transports, activités domestiques ou loisirs), elle peut prendre différentes formes. Dans ce rapport, nous considérerons, les types d'activités suivant les fonctions physiologiques sollicitées : cardio-respiratoire, musculaire, d'assouplissement et d'équilibre.

2.2.1.2.1 Activités développant l'aptitude cardio-respiratoire

La capacité cardio-respiratoire, également appelée endurance aérobie, se traduit par l'aptitude à maintenir des exercices prolongés, continus ou intermittents ; c'est une forme d'endurance qui se démarque de l'endurance musculaire qui sera évoquée plus loin. Dans ce rapport, le terme « d'AP développant l'aptitude ou les capacités cardio-respiratoire » sera utilisé pour désigner ce qui est communément appelé « endurance aérobie ».

L'efficacité des activités développant l'aptitude cardio-respiratoire est jugée sur l'évolution de variables physiologiques mesurées au cours d'épreuves fonctionnelles représentatives, comme la puissance maximale aérobie (consommation maximale d'oxygène, $VO_2\text{max}$) ou la capacité sous-maximale d'endurance. La pratique régulière d'AP permet d'augmenter $VO_2\text{max}$ de 10 à 30 % (ACSM position stand, 1998). Des marqueurs indirects de la capacité sous-maximale d'endurance peuvent également être améliorés de 10 à 20 % par l'entraînement, indépendamment de $VO_2\text{max}$ (ACSM position stand, 1998).

Modalités d'amélioration de l'aptitude cardio-respiratoire

L'aptitude cardio-respiratoire est évaluée par la mesure de variables physiologiques au cours d'épreuves fonctionnelles représentatives comme la puissance maximale aérobie (ou consommation maximale d'oxygène, $VO_2\text{max}$) ou la capacité sous-maximale d'endurance (temps maximal de maintien d'une épreuve physique d'intensité pré-déterminée). Les qualités cardio-respiratoires déclinent avec l'âge (baisse de 8 -10 % par décade après 30 ans). Des activités programmées, tant en termes de type, que d'intensité, de durée de maintien et de fréquence, peuvent améliorer $VO_2\text{max}$ de 10 à 30 % (ACSM position stand, 1998). Des marqueurs indirects de la capacité sous-maximale d'endurance peuvent aussi

⁵ Ou lors de l'activité occupationnelle pour les personnes sans emploi ou retraitées.

être améliorés de 10 à 20 % par l'entraînement, indépendamment de $VO_2\max$ (ACSM position stand, 1998).

Classiquement, les exercices qui développent l'aptitude cardio-respiratoire sont des activités associées à des mouvements des segments corporels qui mobilisent une masse musculaire importante, et qui doivent être maintenus sur de longues durées. Les formes d'activités permettant de développer l'aptitude cardio-respiratoire sont nombreuses : la marche rapide, les montées d'escalier, etc. De nombreuses disciplines sportives permettent aussi de développer ces qualités, comme la course à pied, la marche nordique, le cyclisme et cyclotourisme, le ski de fond, l'aviron, la natation, etc. Ces activités seront proposées en fonction d'une intensité, d'une durée d'application et d'une fréquence hebdomadaire (ou quotidienne) de pratique.

Des études récentes ont également montré que ces exercices physiques réalisés à haute intensité, sur de courtes durées, entrecoupés de périodes de récupération, et répétés (*high intensity, intermittent training*, HIIT), avaient des effets aussi marqués sur l'amélioration des capacités cardio-respiratoires que des exercices d'intensité moindre et maintenus beaucoup plus longtemps (Burgomaster et al. 2005, 2008, Gibala et al. 2012, Gunnarsson et al. 2012). Cette modalité de pratique est associée à une réduction du temps consacré à l'AP, ce qui peut, dans certaines conditions, être considéré comme présentant un intérêt.

2.2.1.2.2 Activités développant les fonctions musculaires

L'AP permet de développer deux qualités essentielles et complémentaires du muscle, la force/puissance et l'endurance :

- *la force musculaire* est définie comme la capacité à développer une tension contre une résistance. La force maximale représente la tension maximale développée sur une période de quelques secondes. Il existe plusieurs modalités de production de la force, en mode isométrique (contractions dites « statiques », à longueur du muscle constante) ou en mode anisométrique (contractions dites « dynamiques », à longueur du muscle variant au cours de la contraction). Les contractions dynamiques peuvent être développées selon 2 modalités, en mode concentrique (avec raccourcissement du corps musculaire) ou excentrique (avec étirement du corps musculaire).

La puissance musculaire est une propriété du muscle, différente de la force. La puissance représente le travail musculaire réalisé par unité de temps (soit la force/distance/unité de temps, soit la force/vitesse de contraction). La puissance musculaire développée résulte d'une interaction entre la force développée et la vitesse de contraction.

- *l'endurance musculaire*, ou endurance de force, peut être définie comme la capacité d'un groupe musculaire à réaliser des contractions répétées dans le temps ou une contraction unique prolongée pendant 60 à 90 secondes. Cette qualité musculaire est indispensable afin de pouvoir exprimer l'aptitude cardio-respiratoire dans la réalisation de toute AP. L'amélioration de l'endurance musculaire à la suite de la pratique d'exercices spécifiques n'a pas été particulièrement étudiée à ce jour ; c'est une propriété du muscle qui répond à l'entraînement, mais son niveau d'amélioration reste très imprécis.

Modalités de sollicitation des fonctions musculaires

Les fonctions musculaires (force, puissance, endurance) sont sollicitées, voire développées, par le travail musculaire. La résistance contre laquelle le muscle s'exerce peut être engendrée par des activités de la vie quotidienne (montées et descentes d'escaliers, levers de chaise, port de charges, etc.) ou lors de séances dédiées (utilisation du poids du corps ou de bracelets lestés, de bandes élastiques, d'appareils spécifiques, etc.). Le renforcement musculaire peut aussi être réalisé lors d'AP de la vie quotidienne (montées-descentes d'escaliers, levers de chaise, etc.).

Le niveau de développement de l'aptitude à développer de la force avec l'entraînement spécifique dépend de l'état initial des fonctions musculaires, du type d'exercices réalisés, de leur fréquence, durée, intensité et de l'âge des sujets. On peut cependant l'évaluer à 25-30 % sur une période de 6 mois suivi régulier d'un entraînement dédié (Fleck et Kraemer, 1997).

Pour développer plus spécifiquement la force musculaire, chaque exercice sera répété 8 à 12 fois pour une intensité correspondant approximativement à 60-70 % de la force maximale. Lorsque l'objectif sera plutôt de développer l'endurance musculaire, les exercices seront répétés un plus grand nombre de fois (15 à 20 répétitions) pour une intensité plus faible (moins de 50 % de la force maximale). Afin d'induire des effets notables sur les qualités musculaires, les séances de musculation adaptées doivent être répétées 2 à 3 fois par semaine.

2.2.1.2.3 Activités de souplesse et mobilité articulaire

La souplesse se caractérise par la capacité à assurer l'amplitude de déplacement la plus complète possible des segments osseux autour d'une articulation. Cette propriété articulaire qu'est sa mobilité peut être évaluée par l'amplitude maximale de l'articulation. Elle dépend de la distensibilité de la capsule articulaire, de la viscosité musculaire, de la compliance des ligaments et tendons.

Modalités d'amélioration de la souplesse et de la mobilité articulaire

La souplesse peut être développée grâce à la répétition d'étirements dynamiques lents ou statiques, maintenus 10 à 30 secondes. Des exercices d'étirement passif sont également envisageables à l'aide d'un tiers ou de matériels dédiés.

2.2.1.2.4 Activités d'équilibre

L'équilibre permet d'assurer le maintien de postures contre la gravité, en dynamique ou en statique. Son importance est donc fondamentale pour la réalisation de tous les mouvements de la vie quotidienne. Chez les sujets avançant en âge, le maintien de l'équilibre et de la position érigée contribuent fortement à la prévention des chutes et au maintien de l'autonomie et à la qualité de vie.

Le maintien de l'équilibre sollicite de nombreux capteurs sensoriels (visuels, vestibulaires, cutanés, articulaires, tendineux). L'intégration de ces informations sensorielles périphériques assure le contrôle des effecteurs périphériques que sont les muscles striés antigravitaires du cou, du tronc et des membres. Le maintien du tonus musculaire postural résulte d'un subtil contrôle de l'activité de muscles agonistes et antagonistes.

Modalités d'amélioration de l'équilibre

L'amélioration de l'équilibre est possible par la pratique d'exercices simples réalisables au domicile ou grâce à de petits matériels spécifiques.

2.2.1.3 Intensité de l'activité physique

Expression de l'intensité

- L'intensité d'une activité, d'un exercice, est classiquement exprimée en valeurs absolues. Cependant, l'une des principales difficultés rencontrée lors de toutes les tentatives de classification des intensités des différentes formes d'AP, tient à ce que l'expression en valeurs absolues ne rend pas compte de la grande variabilité des

capacités fonctionnelles individuelles. C'est pourquoi l'intensité peut être exprimée sous deux formes, en valeur absolue ou en valeur relative.

- *L'intensité absolue* est déterminée par la quantité d'énergie dépensée pour accomplir l'activité, sans tenir compte des capacités de l'individu. L'unité la plus couramment utilisée pour exprimer l'intensité d'une AP est le « Metabolic Equivalent of Task » ou MET. Le MET est défini comme le rapport de la dépense énergétique de l'activité sur le métabolisme de base. L'unité de base de 1 MET, utilisée par convention, est équivalente à 3,5 ml d'oxygène consommé par minute et par kg de poids corporel. Ainsi, plus l'intensité de l'activité est élevée, plus le nombre de MET est élevé. L'échelle d'équivalence métabolique va de 0,9 MET (sommeil) à 18-20 METs (course à 18 km/h).
- Pour certaines formes d'activité, l'intensité absolue est représentée par la vitesse d'exécution de l'activité (marcher à 5 km/h, courir à 10 km/h, etc.) ou par une réponse physiologique (par exemple, la fréquence cardiaque). Pour les activités développant les fonctions musculaires, l'intensité est souvent exprimée par la quantité de poids soulevée ou déplacée.
- *L'intensité relative* tient compte des capacités physiologiques individuelles. Pour les activités développant l'aptitude cardio-respiratoire, l'intensité relative s'exprime en pourcentage de la capacité d'endurance individuelle ($VO_2\text{max}$) ou en pourcentage de la fréquence cardiaque maximale. L'intensité relative peut également être exprimée par un score sur une échelle de perception de l'effort (échelle de Borg, échelle de 0 à 10, etc.).
- La quantification des activités physiques est aussi possible en utilisant d'autres unités comme le METs-temps ; cette unité représente le temps (généralement en heures ou en minutes) pendant lequel une activité d'un équivalent énergétique donné a été maintenue. Ainsi, une marche rapide à 5 km/h, correspondant à 3,3 METs-min maintenue 30 minutes, équivaut à 100 METs. Ce qui équivaut aussi à une course à 10 km/h (10 METs) maintenue 10 minutes. Cette unité, le plus souvent rapportée par jour ou par semaine, ne sera pas utilisée dans ce rapport.

Différentes intensités des activités

Il existe un continuum des niveaux de dépenses énergétiques. Cette approche classe les AP en plusieurs catégories. Elles peuvent être classées en cinq catégories variant par leur intensité absolue (Tableau 2).

2.2.1.3.1 Activités sédentaires

Les activités dites « sédentaires » sont des activités de très faible dépense énergétique qui comprennent les déplacements en véhicule automobile (1,3 MET), la position assise sans activité autre, ou à regarder la télévision (1,3 MET), la position statique debout (1,3 MET), la lecture ou l'écriture en position assise (1,3 MET), le travail de bureau sur ordinateur (1,5 MET), toutes les activités réalisées au repos en position allongée (lire, écrire, converser par téléphone, etc.) (1,3 MET), etc.

Tableau 2. Classification des activités physiques en fonction de leurs intensités et de l'évaluation subjective de leur tolérance (adapté de Norton et al. 2012)

Intensité	Mesures objectives	Mesures subjectives	Exemples
Sédentaire	<ul style="list-style-type: none"> ▪ < 1,6 MET ▪ < 40 % FCmax ▪ < 20 % VO₂max 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ pas d'essoufflement ▪ pas de transpiration ▪ pénibilité de l'effort < 2* 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ regarder la télévision ▪ lire, écrire, travail de bureau (position assise)
Faible	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1,6 à 3 METs ▪ 40 à 55 % FCmax ▪ 20 à 40 % VO₂max 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ pas d'essoufflement ▪ pas de transpiration ▪ pénibilité : 3 à 4 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ marcher (< 4 km/h)** ▪ promener son chien ▪ conduire (voiture) ▪ s'habiller, manger, déplacer de petits objets ▪ activités manuelles ou lecture (debout)
Modérée	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 3 à 5,9 METs ▪ 55 à 70 % FCmax ▪ 40 à 60 % VO₂max 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ essoufflement modéré ▪ conversation possible ▪ transpiration modérée ▪ pénibilité : 5 à 6 ▪ peut être maintenu 30 à 60 min* 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ marche (4 à 6,5 km/h)** , course à pied (< 8 km/h)** , vélo (15 km/h)** ▪ monter les escaliers (vitesse faible) ▪ nager (loisirs), jouer au tennis
Elevée	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 6 à 8,9 METs ▪ 70 à 90 % FCmax ▪ 60 à 85 % VO₂max 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ essoufflement important ▪ conversation difficile ▪ transpiration abondante ▪ pénibilité : 7 à 8 ▪ ne peut être maintenu plus de 30 min** 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ marche (> 6,5 km/h ou en pente)** , course à pied (8 à 9 km/h)** , vélo (20 km/h)** ▪ monter rapidement les escaliers ▪ déplacer des charges lourdes ▪ déplacer de petits objets
Très élevée	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ≥ 9 METs ▪ < 90 % FCmax ▪ < 85 % VO₂max 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ essoufflement très important ▪ conversation impossible ▪ transpiration très abondante ▪ pénibilité > 8 ▪ ne peut être maintenu plus de 10 min** 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ course à pied (9 à 28 km/h)** ▪ cyclisme (> 25 km/h)**

* Sur une échelle de 0 à 10 (OMS).

** Ces repères sont donnés à titre d'exemples, pour un adulte d'âge moyen, de condition physique moyenne.

2.2.1.3.2 Activités de faible intensité

Les activités de faible intensité représentent un pourcentage élevé des activités quotidiennes, environ 27 % des activités réalisées en situation d'éveil (Figure 4, Norton et al. 2010). Ces activités se caractérisent par un équivalent métabolique supérieur ou égal à 1,5 et inférieur à 3 METs.

De nombreuses activités professionnelles sont de faible intensité, notamment les emplois engendrant des déplacements à une allure peu rapide (3,5 km/h), une position assise et le déplacement de petits objets (2 METs), la conduite automobile (2-2,5 METs) ou certains travaux manuels (1,8 à 2,5 METs). Les activités comme le dessin, la peinture et la lecture en position debout (1,8 MET) sont également considérées comme des activités de faibles intensités.

Repères pratiques d'intensité

Ces activités n'engendrent généralement pas d'essoufflement, ni de transpiration et peu d'augmentation de la fréquence cardiaque. Selon l'OMS, si l'on considère la capacité personnelle d'un individu sur une échelle de 0 à 10, elle est généralement de 3 ou de 4 (WHO 2010).

2.2.1.3.3 Activités d'intensité modérée

Les activités d'intensité modérée ont un équivalent métabolique supérieur à 3 METs et inférieur à 6 METs. En situation d'éveil, les activités modérées n'entrent que pour 2,5 % des activités de la journée (Figure 4, Norton et al. 2010). Ces activités qui, en moyenne dans la population vivant en France n'excèdent pas 35 min/j prennent donc une très faible part des activités de la journée. Ces AP constituent la cible privilégiée de la majorité des messages de santé publique.

De nombreuses activités professionnelles sont d'intensité modérée. Il s'agit le plus souvent d'emplois exigeant une station debout prolongée accompagnée du déplacement ou de l'utilisation d'objets légers (5-10 kg) ou d'activités engendrant des déplacements à une allure modérée ; barman, bibliothécaire, coiffeur, cuisinier, électricien, employé de magasin ou d'usine, femme de ménage, jardinier, kinésithérapeute, masseur, plombier, serrurier, etc.

Parmi les AP d'intensité modérée, on peut citer la marche à allure modérée (4 à 6,5 km/h, soit 3 à 5 METs), la montée d'escaliers à vitesse lente (4 METs), la descente d'escaliers (3,5 METs), la nage de loisir (4,8 à 5,8 METs), le tennis en double (4,5 METs), le golf (4,8 METs), le vélo à allure modérée et constante (15 km/h, 5,8 METs).

Repères pratiques d'intensité

L'intensité relative de ces activités varie de 55 à 70 % de la fréquence cardiaque maximale. En fonction de l'intensité de la pratique, les perceptions diffèrent. Autour de 3 MET, ces activités entraînent une légère augmentation de la température corporelle et donc une sensation de chaleur. Lorsque l'intensité augmente, ces activités se caractérisent par un essoufflement qui ne doit toutefois pas constituer un obstacle à une conversation suivie ainsi qu'une transpiration modérée à élevée. Selon l'OMS, si l'on considère la capacité personnelle d'un individu sur une échelle de 0 à 10, elle est généralement de 5 ou de 6 (WHO 2010). Cette intensité peut être maintenue entre 30 et 60 minutes.

2.2.1.3.4 Activités d'intensité élevée

Ces activités qui correspondent à un équivalent métabolique compris entre 6 et 9 METs sont généralement peu pratiquées dans la journée et ne sont spontanément réalisées que quelques minutes pendant la journée. Il s'agit principalement d'activités ponctuelles (montée rapide d'escaliers, port d'objets lourds, etc.) ou d'AP de loisirs (course à pied à 8-9 km/h, cyclisme à 20 km/h, etc.).

Certains emplois manuels peuvent toutefois atteindre des intensités élevées, notamment les activités exigeant le port répété de charges moyennes (briques, outils), le port et le déplacement de cartons ou de charges lourdes (plus de 20 kg) ou encore l'utilisation d'objets et d'outils lourds (marteaux-piqueurs, foreuses, pelles, pioches, etc.). D'autres activités telles que la conduite de machines lourdes, le chargement et le déchargement de camions ainsi que les activités agricoles permettent également d'atteindre une intensité élevée.

Repères pratiques d'intensité

Ces activités correspondent à 70-90% de la fréquence cardiaque maximale, se caractérisent par un essoufflement qui empêche de maintenir une conversation et par une sudation abondante. L'augmentation de la fréquence cardiaque peut être physiquement ressentie par la personne (battements). Selon l'OMS, si l'on considère la capacité personnelle d'un

individu sur une échelle de 0 à 10, elle est généralement de 7 ou de 8 (WHO 2010). Cette intensité ne peut généralement être maintenue plus de 30 minutes.

2.2.1.3.5 Activités d'intensité très élevée

Les activités d'intensité très élevée ont un équivalent métabolique supérieur à 9 METs, une réponse cardiaque d'au moins 90 % de la fréquence cardiaque maximale et ne sont généralement réalisées que dans le cadre d'activités physiques sportives. Peu d'activités professionnelles conduisent à atteindre de telles intensités et le compendium des activités physiques (Ainsworth et al. 2011) ne recense que quelques professionnels tels que les pompiers (9 METs), les plongeurs sous-marins (12 METs) ou encore les exploitants forestiers (17,5 METs). De nombreuses activités sportives atteignent de telles dépenses énergétiques : le cyclisme en montagne (> 9 METs), en plaine à vitesse > 25 km/h (> 10 METs), rameur d'appartement à puissance > 200 W (> 12 METs), course à pied à vitesse de 10 à 28 km/h (> 10 METs), squash (> 12 METs). Cette intensité ne peut généralement être maintenue plus de 10 minutes.

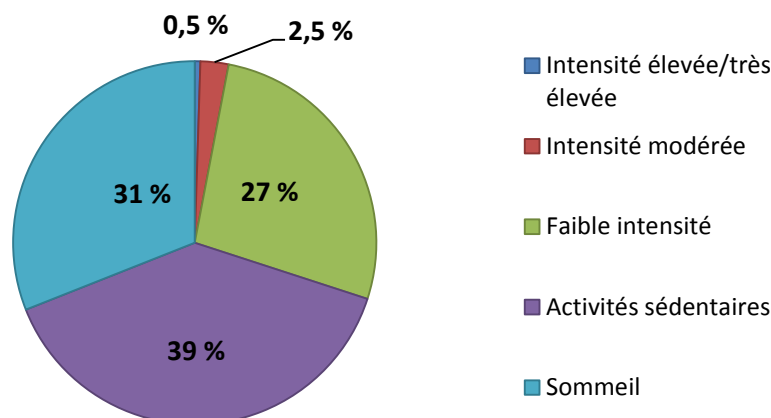


Figure 4. Patron des activités physiques quotidiennes (adapté de Norton et al. 2010).

2.2.2 Sommeil

Le sommeil occupe environ un tiers du temps de notre existence (Figure 4). Le sommeil est indispensable à la récupération des cellules et à la survie de l'espèce. Il s'inscrit dans une alternance activité-repos qui se reproduit chaque jour de manière quasi identique. C'est le phénomène circadien le plus important de notre existence (v. revue Benoit et Foret 1992, Billiard 1994, Gaillard 1990). La qualité de la veille ne va pas sans une bonne qualité du sommeil et inversement. Ce rythme conditionne aussi celui de notre forme physique, c'est pourquoi nous y attacherons une attention particulière en commençant par définir ce que sont la rythmicité biologique et le sommeil.

2.2.2.1 Rythmicité circadienne

La variation régulière, en fonction du temps, des processus biologiques est une caractéristique essentielle de la nature depuis les organismes unicellulaires nucléés jusqu'aux systèmes biologiques les plus complexes dont fait partie l'être humain. Par définition, un phénomène qui se reproduit identique à lui-même dans le temps est appelé un « rythme ». Il se caractérise par sa période (durée du cycle complet), son acrophase (heure

de la valeur maximale observée) et son amplitude (l'ampleur de la variation du phénomène). Chez l'homme, la rythmicité biologique se retrouve à tous les niveaux, aussi bien dans les tissus et les organes que dans l'organisme tout entier (Reinberg, 1989).

Les rythmes considérés dans ce rapport ont une période d'environ 24 heures. Ils évoluent en parallèle avec l'alternance jour/nuit produite par la rotation complète de la terre autour de son axe. Ces rythmes sont appelées « circadiens », du latin *circa dies* qui veut dire "environ un jour". Bien que modulés par certains facteurs de l'environnement (appelés « synchroniseurs externes »), ces rythmes persistent en l'absence de signaux temporels externes à l'organisme. De nombreuses études récentes ont montré que leur pilotage se fait grâce à des donneurs de temps (« horloges internes ») situés dans le cerveau au niveau des noyaux suprachiasmatiques.

Tout individu est génétiquement déterminé (chronotypicité) dans la façon dont il est synchronisé sur l'échelle du temps (Moore-Ede et al. 1982). La grande majorité de l'espèce humaine possède les rythmes décrits ci-dessus. Ces individus se couchent habituellement entre 23 h et minuit et se réveillent vers 6-8 heures. D'autres individus ont tendance à se coucher plus tôt le soir et à se réveiller plus tôt le matin, ils sont dit "du matin". Tous leurs rythmes biologiques sont « calés » plus tôt sur l'échelle des 24 heures (nycthémère). Concrètement, cela signifie qu'ils sont efficaces plus tôt dans la journée, mais aussi fatigués plus tôt le soir. A l'opposé, ceux qui s'endorment plus tard et se réveillent plus tard, sont dits "du soir" et leurs rythmes biologiques sont « calés » plus tard sur le nycthémère.

La réalisation d'un effort physique met à contribution de nombreux facteurs physiologiques et psychomoteurs. Chacun d'entre eux est susceptible de varier en fonction de l'heure de la journée avec un optimum qui correspond à une organisation temporelle déterminée (Shepard, 1984). L'état de forme optimal se constate lorsque la plupart de ces facteurs sont sur la phase positive de leurs fluctuations circadiennes (Davenne 1994, Reilly et al. 1990). Chez l'homme, l'efficacité maximale est observée vers 18 heures (Folkard, 1990). C'est d'ailleurs en fin d'après-midi et en début de soirée que les meilleurs records chronométrés ont été obtenus. A l'opposé, c'est en général très tôt, vers 4 heures du matin, que les performances physiques sont les plus mauvaises car à cette heure l'organisme est programmé pour se reposer et dormir.

2.2.2.2 Etat de sommeil

Le sommeil est une suspension partielle, périodique et immédiatement réversible sous l'effet d'une stimulation significative, des rapports sensitivo-moteurs de l'organisme avec son environnement. Il s'agit d'un processus physiologique actif avec plusieurs stades comportementaux distincts. L'avancement de l'électrophysiologie a permis de progresser dans la définition des différents stades de sommeil et de l'éveil (Davenne, 1989). L'électroencéphalogramme permet de recueillir l'activité électrique du cerveau ; cette activité correspond à des phénomènes de faible amplitude, de l'ordre du microvolt, nécessitant d'être amplifiés pour pouvoir être analysés sur un tracé.

Il existe quatre rythmes physiologiques (alpha, bêta, thêta et delta) définis par leur fréquence, exprimée en cycles par seconde, dont l'aspect graphique final (amplitude, forme) dépend de leurs caractéristiques initiales et des conditions d'enregistrement :

- le stade d'éveil est défini par une activité rapide bêta et alpha associée à la persistance du tonus postural et des réactions d'orientations aux différents stimuli extérieurs ;
- le stade 1 de sommeil (5 % du temps total de sommeil) appelé endormissement est constitué d'ondes alpha et thêta, associés à la perte du contrôle de la pensée et l'apparition progressive d'hallucinations auditives, visuelles ou vestibulaires vécues comme si elles appartenaient à la réalité ;

- le stade 2 de sommeil (50 % du temps total de sommeil) présente un tracé polygraphique proche du stade 1 mais avec la présence de quelques graphoéléments spécifiques (complexes K, fuseaux de sommeil) : c'est le sommeil lent léger ;
- le stade 3 constitue le sommeil lent profond (20 % du sommeil total), il est caractérisé par une activité delta, un tonus musculaire faible et une activité oculaire inexistante ;
- enfin, le sommeil paradoxal (20 % du sommeil total) est proche sur le plan polygraphique de l'éveil mais avec des mouvements oculaires rapides et une abolition complète du tonus musculaire.

L'association d'une période de sommeil lent suivie d'une période de sommeil paradoxal constitue un cycle de sommeil. Chaque nuit se compose de 4 à 6 cycles d'environ 90 minutes chacun chez l'adulte jeune. Il existe de "longs dormeurs" qui peuvent dormir jusqu'à 11 heures et de "courts dormeurs" qui peuvent ne dormir que 4 heures par nuit, des dormeurs au sommeil très léger, d'autres que rien ne réveille. Ces variations ont pour origine de petites variations génétiques du fonctionnement de l'horloge centrale.

2.2.3 Santé mentale

2.2.3.1 Stress et anxiété

Il existe de nombreuses définitions du stress et de multiples débats conceptuels autour de la définition de ce terme largement utilisé. Les approches biologiques, psychologiques et environnementales donnent du stress des définitions qui diffèrent dans l'étendue des facteurs et situations induisant des réponses de l'organisme, dans l'étendue de ces réponses et dans leur très grande variabilité interindividuelle (Cohen et al. 1995). La définition du stress que nous retiendrons dans ce rapport reposera sur la notion de réaction adaptée de l'organisme en réponse à une contrainte non spécifique endogène ou extérieure, induite par l'environnement. Ces contraintes, qui peuvent être de natures très différentes, ont en commun d'induire des situations de perturbations de l'homéostasie. Les réactions physiologiques de stress sont perçues dès lors que les astreintes biologiques (réponses hormonales) induites par les facteurs de stress initiaux excèdent les capacités adaptatives de l'organisme (Selye, 1936). Les réponses induites deviennent alors perceptibles, souvent de manière désagréable. Il existe donc une différence conceptuelle entre les situations d'adaptation qui se caractérisent par des réponses de stress qui ne sont pas perçues par l'organisme (réponses physiologiques dites « compensées »), et celles qui sont perçues comme oppressantes et anxiogènes (réponses dites « décompensées », excédant alors les capacités adaptatives de l'individu). L'état ainsi obtenu fragilise l'organisme et fait encourir le risque de pathologies réactionnelles (Cohen et al. 2007). Si les réponses de stress sont indispensables pour l'adaptation de l'Homme à l'environnement - puisqu'elles conditionnent la survie - elles peuvent également avoir des effets délétères à moyen et long terme.

Dans le cadre de ce rapport, nous centrerons notre approche du stress sur la notion de stress psychologique qui représente un état de l'organisme pour lequel les contraintes liées à l'environnement émotionnel excèdent et dépassent les capacités adaptatives de l'individu. L'état de stress fait suite à la combinaison de différents types de facteurs qui contribuent tous à la perception individuelle du stress. La perception individuelle de l'état de stress résulte de la combinaison de différents facteurs (intensité du facteur émotionnel déclenchant, vécu antérieur, chronicité, facteurs individuels de vulnérabilité, etc.) qui contribuent à expliquer la variabilité de la réponse individuelle au stress émotionnel. Si la mesure des réponses de stress est très imparfaite, l'évaluation du stress perçu permet de

prendre en compte les différences individuelles dans l'interprétation du caractère stressant de différents facteurs, l'exposition aux facteurs de stress et les capacités individuelles de défense. Les conditions d'apparition des états de stress psychologique sont diverses, elles englobent les situations de stress environnemental permanent (situations de pression professionnelle, affective, etc.), ou des situations plus ponctuelles, limitées dans le temps, mais pouvant induire des réponses physiopathologiques souvent plus graves à plus ou moins long terme (conséquences des stress émotionnels liés aux catastrophes naturelles, actes de terrorisme, faits de guerre, etc.).

2.2.3.2 Qualité de vie

Dans l'expertise collective Inserm (2008), l'analyse des effets de l'AP sur le bien-être et la qualité de vie a fait l'objet d'une définition précise des notions de « bien-être » et de « qualité de vie ». Des mots clés tels que anxiété, stress, émotions, estime de soi ou état dépressif ont été associés au « bien-être ». La « qualité de vie » (QdV) a été définie conformément à la proposition du groupe de travail de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) comme « *la perception qu'un individu a de sa place dans la vie, dans le contexte de la culture, et du système de valeurs dans lequel il vit, en relation avec ses objectifs, ses attentes, ses normes et ses inquiétudes* (WHOQOL and Group 1995).

Les notions de QdV et de bien-être revêtent un sens assez large, difficilement cernable avec des indicateurs identiques dans les différentes études. Le bien-être est considéré comme la partie de l'indicateur subjectif de la QdV (Diener et Suh, 1997). Il correspond grossièrement au pendant positif de la QdV. Son évaluation reste plutôt rare dans les études portant sur l'AP. L'évaluation du bien-être se traduit par une QdV considérée comme élevée.

En ce qui concerne la QdV, c'est essentiellement la QdV liée à la santé qui est utilisée dans les études en rapport avec l'AP. La QdV liée à la santé peut être définie comme un construit multidimensionnel qui reflète la perception propre de l'individu à retirer plaisir et satisfaction de son existence (Varni et al. 2003). En fait, la QdV liée à la santé est un index du fonctionnement physique et psychosocial (Sawyer et al. 2004, Williams et al. 2005). La QdV liée à la santé est désormais considérée comme un indicateur de santé non négligeable permettant de tenir compte de la dimension perçue (*patient-reported outcome*) de l'état de santé des personnes, enfants, adolescents ou adultes.

Dans la mesure du possible, la QdV doit être rapportée par la personne elle-même. Bien que chez l'enfant, le résultat rapporté par les parents puisse parfois constituer une alternative, la diffusion d'instruments d'auto-évaluation adaptés à l'âge des enfants, permet d'avoir directement accès à leurs propres sentiments.

Définitions des concepts

Activité physique, inactivité et sédentarité

- L'activité physique est définie comme « tout mouvement corporel produit par les muscles squelettiques qui entraîne une dépense énergétique » (WHO 2010). Elle ne peut être pas limitée au sport ou à l'exercice, ces catégories constituant des sous-ensembles de l'activité physique, au même titre que les activités physiques professionnelles, celles liées au transport, ou les activités physiques domestiques.
- L'activité physique est un comportement qui peut être caractérisé par une fréquence, une intensité, une durée et un type de pratique. L'intensité d'une AP est le plus souvent exprimée en MET (équivalent métabolique), défini comme le rapport de la dépense énergétique liée à l'AP sur le métabolisme de base.
- Les paramètres Fréquence, Intensité et Durée permettent de définir la quantité d'AP dans un espace-temps (jour, semaine, etc.).
- Les différents types d'activités physiques peuvent être classés en fonction des qualités physiologiques développées. On distingue les activités physiques qui permettent de solliciter la capacité cardio-respiratoire, les fonctions musculaires, la souplesse ou l'équilibre.
- Les différentes activités physiques peuvent être classées en 5 grandes catégories en fonction de leur intensité estimée en MET :
 - activités sédentaires < 1,6 MET ;
 - 1,6 MET ≤ activités de faible intensité < 3 METs ;
 - 3 METs ≤ activités d'intensité modérée < 6 METs ;
 - 6 METs ≤ activités d'intensité élevée < 9 METs ;
 - activités d'intensité très élevée ≥ 9 METs.
- Les états d'inactivité et de sédentarité relèvent de définitions précises qu'il convient de rappeler :
 - l'inactivité physique est caractérisée par un niveau insuffisant d'activité physique d'intensité modérée à élevée ;
 - la sédentarité est définie par une situation d'éveil caractérisée par une dépense énergétique faible, inférieure à 1,6 MET, en position assise ou allongée. La sédentarité (ou comportement sédentaire) est reconnue comme un comportement distinct du comportement d'inactivité physique, avec ses effets propres sur la santé ; elle est souvent exprimée par le temps passé chaque jour dans des activités sédentaires.

Sommeil

- Chez l'Homme, les rythmes circadiens ont une base temporelle d'environ 24 heures, ce qui correspond aux alternances des jours et des nuits.
- Une horloge centrale programme, selon cette base temporelle, des phases d'activité et des phases de repos consécutives qui sont nécessaires. Des facteurs environnementaux, appelés synchronisateurs externes, influent également sur ces rythmes.
- Pour que le sommeil se déroule normalement et soit le plus efficace, il devra être pris la nuit, aux horaires programmés par l'horloge centrale.

Stress et anxiété

- Le stress est une réaction adaptée de l'organisme en réponse à une contrainte non-spécifique endogène ou exogène (environnementale).
- Les réponses physiologiques aux facteurs de stress peuvent être compensées (adaptation). Si ces facteurs de stress excèdent les capacités adaptatives de l'individu, le phénomène de décompensation qui s'ensuit peut faire le lit de certaines pathologies.
- Lorsque les contraintes liées à l'environnement sont de nature émotionnelle, on parlera alors de stress psychologique ; cet état sera défini par le terme « stress » dans ce rapport. Ces situations sont souvent perçues comme oppressantes et anxiogènes par l'individu.
- Les conditions d'apparition des états de stress psychologique sont diverses et peuvent résulter d'un stress émotionnel environnemental permanent ou ponctuel.

Qualité de vie

- La qualité de vie est définie comme « la perception qu'un individu a de sa place dans la vie, dans le contexte de la culture, et du système de valeurs dans lequel il vit, en relation avec ses objectifs, ses attentes, ses normes et ses inquiétudes ».
- L'évaluation de la qualité de vie doit rendre compte à la fois de ses dimensions sociales, psychologiques et physiques.
- Pour certains auteurs, le bien-être peut être compris comme étant l'indicateur subjectif de la qualité de vie.

2.3 Définition des populations considérées

Le présent rapport concerne l'ensemble de la population vivant en France (métropole et outre-mer) ne souffrant pas de pathologie.

Le GT dédié a fait le choix de séparer la population française selon deux niveaux de segmentation. Le premier niveau est basé sur des critères physiologiques, le second niveau permet cibler plus précisément les populations. Tout d'abord pour déterminer les besoins de chacun en termes d'AP et de sédentarité, ensuite pour pouvoir établir des recommandations adaptées aux besoins identifiés et aux situations particulières rencontrées au cours de la vie.

2.3.1 Premier niveau de segmentation

Quatre classes d'âge sont distinguées :

- les enfants ;
- les adolescents ;
- les adultes ;
- les personnes âgées de plus de 65 ans.

Ces choix sont justifiés par les changements physiologiques et hormonaux liés à l'avancée en âge. Au sein de ces catégories d'âge, les spécificités liées au sexe seront indiquées (Tableau 3).

Les enfants, de la naissance à 10 ans.

La division de cette classe d'âge est basée sur l'organisation du cycle scolaire français :

- la période préscolaire se référant au nourrisson l'enfant de moins de 3 ans ;
- l'école maternelle et primaire concernant l'enfant de 3 à 10 ans.

Les spécificités liées au sexe sont considérées en fonction des thématiques traitées et de la littérature existante.

Les adolescents, de 11 à 17 ans

Le GT a fait le choix de ne pas subdiviser cette catégorie.

Dans cette tranche d'âge, les spécificités liées au sexe sont également considérées en fonction des thématiques traitées et de la littérature existante.

Les adultes, de 18 à 65 ans

Cette catégorie d'âge regroupe les femmes et les hommes de 18 à 65 ans. Comme pour les autres populations, les spécificités liées au sexe sont considérées ou non en fonction des thématiques traitées et de la littérature existante.

Chez la femme, certaines populations spécifiques sont identifiées en fonction des modifications hormonales intervenant au cours de la vie d'une femme :

- femmes en période de grossesse ou de post-partum ;
- femmes ménopausées.

Chez l'homme, en raison de l'absence de rupture hormonale marquée, la segmentation devrait se baser sur l'âge : 18 à 50 ans puis 50 à 65 ans. En raison du peu de données dans la littérature, le groupe de travail a fait le choix de conserver une catégorie « hommes » sans distinction.

Les personnes âgées de plus de 65 ans

Avec l'avancée en âge, des modifications interviennent au niveau physique et physiologique, engendrant des évolutions en termes de capacité et de besoins.

Deux classes d'âges pourraient être distinguées :

- 65 - 80 ans ;
- plus de 80 ans.

Toutefois, en raison du peu de littérature scientifique permettant de les étudier séparément, il a été choisi de les regrouper.

En raison de la variabilité interindividuelle et de l'absence de données consensuelles sur l'âge à partir duquel une personne peut être considérée comme « âgée », la limite se situerait davantage entre 65 et 70 ans. En accord avec les recommandations internationales et au vu des données disponibles, le groupe de travail a choisi de proposer des recommandations pour les personnes âgées de plus de 65 ans.

Tableau 3. Populations considérées dans le rapport

	Enfants	Adolescents	Adultes	65 ans et plus
Femmes	Avant l'entrée en maternelle (0-moins de 3 ans) Période scolaire (3-10 ans)	11-17 ans	En âge de procréer	65 ans et plus
			Ménopausée	
			En période de grossesse ou de post-partum	
Hommes		11-17 ans	18 - 65 ans	65 ans et plus

Définition des populations considérées

- La catégorie **Enfants** cible les personnes de 0 à 10 ans vivant en France :
 - la petite enfance groupe le nourrisson et l'enfant de moins de 3 ans ;
 - l'enfance correspond à la période scolaire, de 3 à 10 ans (écoles maternelle et primaire).
- La catégorie **Adolescents** cible les personnes de 11 à 17 ans vivant en France.
- La catégorie **Adultes** cible les personnes de 18 à 64 ans vivant en France :
 - la population des femmes en âge de procréer, la **femme en période de grossesse**, allaitante ou **en post-partum** et la **femme ménopausée** sont distinguées ;
 - la population des hommes, qui n'est pas subdivisé.
- La catégorie **Adultes de 65 ans et plus**.

2.3.2 Second niveau de segmentation

Le GT a estimé ce premier niveau de segmentation restrictif et a établi en adéquation avec les propositions du plan national de prévention par l'activité physique et sportive (Toussaint, 2008) un second niveau de classification, permettant de cibler certaines catégories de la population.

Les critères retenus sont :

- les personnes déclarant une limitation d'activité due à leur état de santé ;
- les personnes ayant un $25 < \text{IMC} < 30$;
- les freins et les motivations liées à la pratique.

Selon les cas, ces critères sont traités indépendamment ou intégrés au texte. Des recommandations spécifiques en découleront.

2.3.2.1 Personnes déclarant une limitation fonctionnelle d'activité (LFA)

Cette population, couramment identifiées comme *les personnes handicapées*, regroupe des personnes vivant des situations extrêmement variées et d'approches diversifiées de la notion de *Handicap*.

Définitions de la notion de handicap

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a validé la Classification Internationale du Fonctionnement, du Handicap et de la Santé (OMS 2001). Il s'agit d'un cadre conceptuel pour la définition des notions de Handicap et de limitation fonctionnelle d'activité (LFA) apportant ainsi un langage standardisé international de référence.

Une LFA définit toute déficience ou incapacité qui affecte ou empêche le fonctionnement quotidien d'une personne tel qu'il pourrait être attendu pour une personne n'ayant pas cette déficience ou incapacité. Les LFA représentent les difficultés qu'une personne peut avoir pour mobiliser des fonctions élémentaires physiques, sensorielles ou cognitives. Elles résultent de l'interaction entre les problèmes de santé de la personne, ses facteurs personnels et l'environnement. Lorsqu'elles ne sont pas compensées, ces limitations fonctionnelles limitent les activités des individus ou restreignent leur participation sociale : on parle alors de *situation de handicap* (CIF 2001, Montaut 2011).

Selon le modèle intégratif et systémique proposé par l'OMS, l'usage du terme de Handicap suppose de définir les notions suivantes : les structures et fonctions corporelles la déficience (anomalie, carence ou perte de structures ou fonctions), l'activité et la participation/les limitations d'activité (difficultés rencontrées dans l'exécution d'une tâche ou d'une action, mesurées en écarts de capacités à la norme) et les restrictions de participation (problèmes relatifs à l'implication dans des situations de vie réelles, mesurés en écarts de performance à la norme), et les facteurs contextuels comprenant les facteurs environnementaux (environnement physique, social, attitudinal – générateur de barrières/obstacles ou de facilitateurs) et les facteurs personnels (WHO 2001).

Nous désignerons les personnes déclarant une limitation fonctionnelle d'activité ou une restriction de participation due à leur état de santé par « personnes LFA » tout au long de ce rapport pour des raisons de simplicité.

Les personnes LFA en France

En raison des nombreux critères à considérer pour définir une personne en situation de « handicap » et de l'hétérogénéité des sources de données disponibles, il est complexe de déterminer combien de français sont en situation de LFA due à leur état de santé. Les personnes déclarant au moins une limitation fonctionnelle physique, sensorielle ou mentale jugée sévère constituent une population plus large que la *population handicapée*, puisqu'on ne parle de situation de handicap que lorsque cette limitation fonctionnelle occasionne une restriction de participation sociale (Montaut 2011). La reconnaissance du handicap ouvre droit à prestations compensatoires (Brouard 2004), mais ces données administratives ne sont pas exploitables car elles fournissent peu ou pas d'information sur les personnes, leur situation et leurs habitudes de vie.

En France, selon l'enquête « Handicap-Santé 2008 », 15% des hommes et 22% des femmes de 18 ans ou plus vivant à leur domicile déclarent au moins une LFA, soit 3,5 millions d'hommes et 5,5 millions de femmes (Tableau 4) (Objectif 35 DREES 2011). Par ailleurs, 12% des hommes et 14% des femmes déclarent au moins une limitation fonctionnelle sévère. Les limitations physiques sont les plus fréquemment déclarées (6,2 millions de personnes, représentant plus de 16% des femmes et près de 9% des hommes), suivies par les limitations sensorielles (3,4 millions d'individus, environ 7% des hommes et des femmes), cognitives (2,4 millions, soit près de 5% de la population) (Objectif 35 DREES 2011).

Tableau 4. Prévalence des limitations fonctionnelles (degré de sévérité non considéré) (Insee 2008)

	Part de la population déclarant... (en %)			Nombre de personnes déclarant... (en millions)		
	Hommes	Femmes	Ensemble	Hommes	Femmes	Ensemble
Au moins une limitation fonctionnelle	15,0	21,5	18,4	3,5	5,5	9,0
Au moins une limitation physique	8,6	16,6	12,8	2,0	4,2	6,2
Au moins une limitation sensorielle	6,9	7,1	7,0	1,6	1,8	3,4
Au moins une limitation cognitive	4,8	5,0	4,9	1,1	1,3	2,4

Champ: France métropolitaine et DOM. Personnes de 18 ans ou plus vivant en ménages ordinaires.

La fréquence de ces limitations fonctionnelles augmente avec l'âge. Elles concernent moins de 5% de la population avant 40 ans et atteignent 70% des hommes et 80% des femmes à 85 ans (Figure 5) (DREES 2011). Elles deviennent alors majoritairement multidimensionnelles, associant des problèmes physiques, sensoriels et cognitifs. Sans compensation, ces limitations engendrent des restrictions dans les domaines professionnel, domestique et relationnel, et génèrent des gênes dans les activités quotidiennes.

Ainsi 20% des hommes et des femmes atteints de limitations fonctionnelles déclarent des difficultés pour réaliser les soins personnels (se lever du lit, se laver, s'habiller, se nourrir, etc.) (Montaut 2011). Moins de 10 % bénéficient d'une reconnaissance de situation de handicap, environ 8 % d'une reconnaissance administrative et 4 % reçoivent une allocation (pension ou un autre revenu en lien avec leur problème de santé).

En conclusion, il apparaît que les différentes populations définies par les critères d'incapacité, de limitation d'activité ou de reconnaissance administrative du handicap ne se regroupent pas nécessairement en un seul public homogène des « personnes handicapées », par conséquent une approche générale de la question du handicap passe par une prise en compte de ces différentes populations concernées par une LFA.

Note du groupe de travail AP-PNNS sur les orientations et choix faits pour ce rapport

Sans remettre en cause le bienfondé des actions de prévention primaire auprès les personnes atteintes de pathologies chroniques dégénératives, compte tenu des conditions spécifiques de mise en œuvre d'une AP auprès de ce public particulier eu égard à la situation évolutive de leur pathologie, le groupe de travail a fait le choix de cibler les personnes atteintes de pathologies ou déficiences non évolutives ou stabilisées.

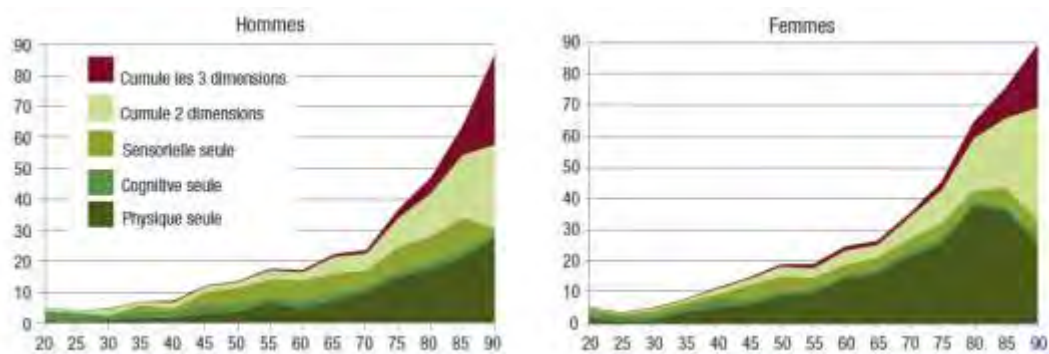


Figure 5. Evolution de la prévalence des limitations fonctionnelles avec l'âge (DREES 2011).

2.3.2.2 Personnes ayant un $25 < IMC < 30$, en l'absence d'autres facteurs de risques associés

Etant considérée l'importance croissante du surpoids dans la population française et du rôle de l'AP pour éviter la prise de poids, il a semblé nécessaire au GT de considérer cette catégorie. Toutefois, au vu des données disponibles dans la littérature et du peu de différences avec les personnes dont l'IMC est inférieur à 25, l'éventualité de différencier cette catégorie a été écartée. Après réflexion, le groupe de travail fait donc le choix de ne pas cibler cette population particulière dans le rapport mais de consacrer une partie spécifique concernant l'effet de l'AP et de la sédentarité sur la prise de poids et l'obésité.

2.3.2.3 Freins et motivations liées à la pratique

Un travail spécifique concernant les facteurs associés à la pratique favorisant et limitant la pratique d'AP et la sédentarité a été mené dans ce rapport. Le GT a procédé à l'identification des freins et des leviers d'action permettant d'agir sur ces comportements.

Les recherches et les recommandations de ce rapport s'appuient sur la segmentation proposée précédemment. Dans un souci d'efficacité et de lisibilité, les résultats des recherches sont présentés par thématiques.

2.4 Qualité méthodologique des études

Cette partie a pour objectif d'identifier les outils de mesure, leurs forces et leurs limites, concernant l'AP et le comportement sédentaire en population générale (adultes), chez les enfants et les adolescents et chez les personnes déclarant une limitation fonctionnelle d'activité (LFA). Ces éléments seront également identifiés pour le sommeil, la santé mentale et la qualité de vie.

2.4.1 Activité physique et sédentarité

Les variabilités intra-individuelles et interindividuelles de l'AP et de la sédentarité au quotidien font de l'évaluation de ces comportements une tâche difficile dans le cadre de la

vie courante. Plusieurs méthodes permettent de mesurer les activités physiques et la sédentarité.

La qualité de ces mesures est essentielle pour décrire ces comportements, étudier leur relation avec un indicateur de santé, suivre leur évolution dans une population ou pour évaluer l'efficacité des interventions visant à augmenter le niveau d'AP ou à réduire la sédentarité.

La fiabilité, la validité et la sensibilité des instruments sont des éléments à prendre en considération (Warren et al. 2010) :

- la fiabilité correspond à la reproductibilité d'une méthode c'est à dire à sa capacité à fournir un résultat identique lorsque la méthode est utilisée à plusieurs reprises dans un même contexte, par la même personne ou par des personnes différentes ;
- la validité fait référence à la capacité de l'instrument à mesurer ce qu'il est sensé mesurer. La validité sur critère correspond à la validation de l'instrument par rapport à une méthode objective ou une méthode de référence. La validité absolue consiste à comparer un résultat, par exemple le temps passé dans une activité, à un résultat de même nature obtenu par une méthode objective. La validité relative consiste à valider un instrument par rapport à un instrument similaire ;
- la sensibilité au changement représente la capacité de l'instrument à détecter un changement au cours du temps.

Parmi les méthodes de mesure de l'AP et de la sédentarité, les méthodes déclaratives et les méthodes dites « objectives » sont distinguées. Dans les premières, le sujet rapporte lui-même ses activités à l'aide d'un questionnaire auto-déclaré, dans les secondes, elles sont enregistrées par des appareils ou tracées par des paramètres biologiques. Les atouts et les limites de chaque méthode ont fait l'objet de publications (INSERM 2008, Strath et al. 2013), nous nous attacherons ici à en rappeler les points essentiels.

A partir de la distinction faite par Lamonte et al. (2001) entre AP et dépense énergétique, nous distinguons les méthodes de mesure du comportement (actif ou sédentaire) des méthodes de mesure de la dépense énergétique (Tableau 5).

Tableau 5. Méthodes de mesure des comportements (activité physique et sédentarité) et de la dépense énergétique (adapté de LaMonte and Ainsworth 2001)

	Activité physique/Sédentarité (comportements)	Dépense énergétique (coût énergétique des comportements)
Méthodes objectives	Observation Actimétrie (podomètre, accéléromètre, autres capteurs de mouvement)	Calorimétrie indirecte (chambre calorimétrique, canopy, eau doublement marquée) Enregistrement de la fréquence cardiaque
Méthodes déclaratives	Rappel d'activités (questionnaire) Relevé d'activités (journal)	

2.4.1.1 Méthodes déclaratives

Les méthodes déclaratives reposent sur la participation du sujet qui rapporte son activité en temps réel au moyen d'un journal ou sur une période de rappel de temps variable, à l'aide de questionnaires. En cas de difficulté pour le répondant à rapporter lui-même son activité, une tierce personne peut être sollicitée.

2.4.1.1.1 Journal d'activité

Le journal d'activité consiste en un relevé régulier des activités physiques ou sédentaires par le sujet lui-même. La fréquence du relevé peut varier de quelques minutes à quelques heures et est généralement limité à quelques jours. Le journal peut être utilisé comme outil de mesure seul. Toutefois, il est fréquemment utilisé en association avec une autre méthode, soit pour compléter la mesure en recueillant d'autres informations, soit pour étudier les propriétés psychométriques des questionnaires, souvent en complément d'une mesure objective. Le journal peut prendre la forme d'un recueil papier ou d'un recueil électronique et peut également s'intégrer dans le cadre d'une Evaluation Ecologique Instantanée (Ecological Momentary Assessment - EMA) (Dunton et al. 2009, Kanning and Schlicht 2010).

Cette méthode, peu coûteuse, permet de relever des données détaillées chez un grand nombre de sujets en même temps. Elle nécessite toutefois une bonne coopération des sujets.

2.4.1.1.2 Questionnaire

Le questionnaire est l'instrument le plus répandu et le plus utilisé. Il peut être auto-administré, administré par un enquêteur (entretien en face-à-face ou téléphonique) ou par une tierce personne (parent, aidant). Les questionnaires varient dans leur forme, leur contenu et les indicateurs calculés.

Concernant l'AP, les questionnaires sont traditionnellement conçus de façon à ce que le sujet rapporte le type d'activité pratiquée, la fréquence, la durée et l'intensité. Ils se présentent sous différentes formes (papier, assisté par ordinateur, à remplir sur le web). Leurs périodes de rappel sont variables, pouvant s'étendre sur la vie du sujet.

De nombreux questionnaires de mesure de l'AP ont été élaborés en langue anglaise (Helmerhorst et al. 2012, Pereira et al. 1997) et l'étude de leurs qualités psychométriques⁶ ont fait l'objet de publications pour différents groupes de populations : jeunes (Chinapaw et al. 2010), adultes (van Poppel et al. 2010) et personnes âgées (Forsén et al. 2010). Les questionnaires disponibles en langue française sont moins nombreux et leurs propriétés psychométriques sont de qualité variables (Vuillemin et al. 2012).

Concernant la sédentarité, le temps passé devant un écran (télévision, vidéo, jeux vidéo, ordinateur) est actuellement l'indicateur le plus utilisé. Certains questionnaires de mesure de l'AP ont intégré des mesures de temps passé assis et de temps d'écran, généralement au cours des loisirs, le temps-écran professionnel étant rarement rapporté. Des questionnaires spécifiques à la mesure de l'activité sédentaire ont également été élaborés, pour les adolescents (Hardy et al. 2007), les adultes (Marshall et al. 2010, Rosenberg et al. 2010) et les personnes âgées (Gardiner et al. 2011, Visser and Koster 2013). Ces questionnaires peuvent être spécifiques d'un domaine, comme le travail (Chau et al. 2011), ou permettent, comme pour l'AP, d'apprécier différents domaines d'activité (le temps passé dans une file d'attente ou à lire). Les propriétés psychométriques de ces instruments n'ont pas été étudiées en langue française.

⁶ les qualités psychométriques (sensibilité, fiabilité et validité) permettent de déterminer la fiabilité d'un instrument.

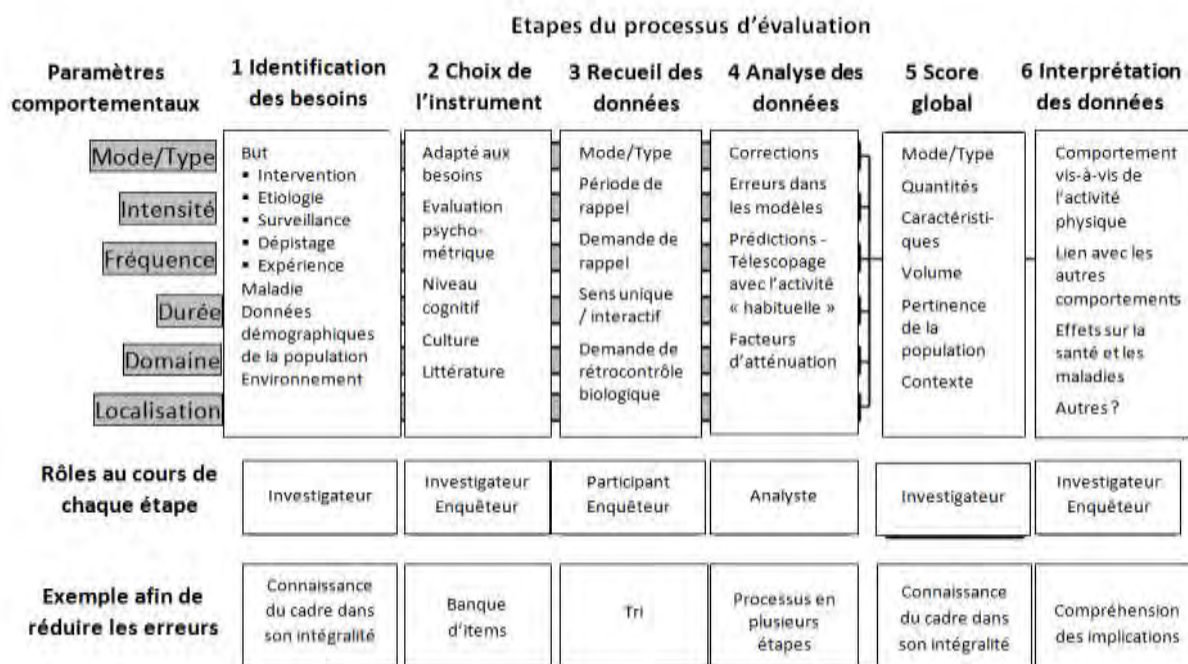


Figure 6. Guide d'utilisation pour les questionnaires d'activité physique, en 6 étapes (adapté de Ainsworth et al. 2012).

L'utilisation des questionnaires est très répandue, mais pose la question de la difficulté d'en établir la validité. En effet, hors de l'observation directe, il n'existe pas de critères de référence (étalon or) pour les comportements actifs et sédentaires (Gabriel et al. 2012). Les études de validation des questionnaires utilisent généralement les accéléromètres comme mesures objectives, les résultats des comparaisons entre les méthodes ont toutefois montré des niveaux de reproductibilité et de validité faibles à modérés (Helmerhorst et al. 2012) ; cela pourrait s'expliquer par le fait que les questionnaires et les accéléromètres ne mesurent pas les mêmes paramètres d'activités ou le font avec des niveaux de précision et de reproductibilité variables.

Afin d'améliorer la qualité et la précision des estimations dérivées des questionnaires, certains auteurs ont proposé un guide d'utilisation de ce type d'instrument, composé de 6 étapes : identification des besoins, choix de l'instrument, recueil des données, analyse des données, score, interprétation des données) (Figure 6 ; Ainsworth et al. 2012).

2.4.1.1.3 Conclusion

Les méthodes déclaratives sont les moins coûteuses et les plus faciles à mettre en œuvre pour recueillir des données simultanément dans de grands échantillons et en un temps court (Warren et al. 2010). Elles permettent de rendre compte de paramètres quantitatifs et qualitatifs de l'activité non pris en compte par d'autres méthodes et peuvent fournir des estimations de dépense énergétique ou de temps passé à des activités dans différentes catégories d'intensité à l'échelle d'un groupe (Warren et al. 2010). Ces méthodes apportent également des informations liées à la perception de l'activité par le pratiquant et permet ainsi d'étudier les concordances entre les résultats des mesures déclaratives et les résultats des mesures objectives. Les limites des méthodes déclaratives (Sallis and Saelens 2000), et des questionnaires en particulier (Shephard 2003), ont été largement soulignées : biais de rappel, de désirabilité et de genre, effets planchers, interprétation des concepts utilisés, difficultés à vérifier les données déclarées (fréquence, durée, intensité) et à rendre compte

de l'étendue des activités et des intensités réalisées dans les différents domaines. Des auteurs ont considéré que ces instruments de mesure permettent de catégoriser un comportement mais manquent de précision pour les quantifier (Mâsse and de Niet 2012). Cependant, les études de leurs propriétés psychométriques ont montré une reproductibilité et une validité permettant de déterminer le type, la quantité, l'intensité et la durée d'une période d'activité, avec des qualités supérieures pour une utilisation en population plutôt qu'individuelle (Haskell 2012). Par ailleurs, certains outils n'ont pas la capacité à détecter une variation d'activité au cours d'une période de temps (Haskell 2012) ; la sensibilité au changement est une des propriétés psychométriques les moins étudiées mais pas des moins importantes. En outre, la question de l'origine du questionnaire pose le problème de son utilisation dans un autre contexte. Un questionnaire élaboré dans un pays et une langue donnés doit faire l'objet d'une traduction et d'une adaptation culturelle (Arredondo et al. 2012) puis d'une étude de ses propriétés psychométriques pour la population ciblée.

Des auteurs ont élaboré des outils permettant de vérifier la qualité méthodologique des études de validation d'instruments de mesure de l'AP et du comportement sédentaire déclarés (Hagströmer et al. 2012) ou plus particulièrement des qualités psychométriques des questionnaires (Terwee et al. 2007). Ces travaux vont dans le sens d'une recherche de qualité dans la mesure des comportements actifs ou sédentaires au moyen de méthodes de mesure déclaratives.

2.4.1.2 Méthodes objectives

2.4.1.2.1 Observation

L'observation directe du comportement par des observateurs est l'une des premières méthodes de mesure de l'AP (McKenzie 2002). Elle peut s'appliquer également à l'observation des comportements sédentaires (Ryde et al. 2012). L'observation directe implique la présence de l'observateur sur le terrain. L'observation indirecte consiste à enregistrer les comportements des personnes puis à les visionner. Ces deux types d'observation nécessitent des observateurs formés et expérimentés et un travail fastidieux. En outre, les risques de modification des comportements par la personne observée sont nombreux.

L'observation permet de caractériser les activités et de quantifier leurs différents paramètres. Cette méthode a le plus souvent été utilisée pour l'observation d'activités physiques et sédentaires liées au travail ou dans le cadre de l'analyse du comportement dans un sport donné, particulièrement dans des sports d'équipe (Shephard and Aoyagi 2012). Plutôt réservée à l'observation d'activités réalisées dans un espace délimité (classe, gymnase, bureau), l'observation a également été utilisée pour mesurer l'AP dans des parcs publics (McKenzie et al. 2006).

Cette méthode a pour avantage de permettre un recueil d'informations contextuelles et qualitatives des activités ; elle a pour limite d'être coûteuse en temps, en personnel voire en matériel et pose la question de l'acceptabilité par le sujet d'être observé.

2.4.1.2.2 Calorimétrie⁷

2.4.1.2.2.1 Calorimétrie directe

La calorimétrie directe est la mesure de la production de chaleur par l'organisme, évaluée à partir de la différence de température de l'eau entrant et sortant d'une enceinte dans laquelle le sujet est installé. Cette méthode repose sur le principe de l'égalité entre production de chaleur et dépense d'énergie de l'individu. Cette mesure est réalisée dans une pièce de taille réduite et hermétique permettant la quantification des différentes composantes de la perte de chaleur, appelée chambre calorimétrique. Malgré sa précision, la calorimétrie directe est peu utilisée, notamment en raison de la faible disponibilité d'infrastructures et de personnel qualifié nécessaire pour leur utilisation et leur maintenance. C'est pourquoi on utilise plus souvent la calorimétrie indirecte.

2.4.1.2.2.2 Calorimétrie indirecte

Cette méthode est basée sur la mesure des concentrations d'oxygène et de dioxyde de carbone dans les gaz expirés. Elle permet d'obtenir une estimation indirecte de la dépense énergétique (Shephard and Aoyagi 2012).

2.4.1.2.3 Eau doublement marquée

La méthode de l'eau doublement marquée est une technique basée sur un isotope qui mesure la production de dioxyde de carbone corps entier qui est proportionnelle à la dépense énergétique (Schoeller and van Santen, 1982). Cette méthode consiste à déterminer la production de dioxyde de carbone en analysant la différence d'élimination d'isotopes stables marqués (deutérium et oxygène 18) (Schoeller and van Santen, 1982).

La précision et la nature non invasive de cette méthode en font un outil idéal pour l'étude du métabolisme énergétique chez l'Homme. Elle permet de calculer une dépense énergétique globale sur une période de temps déterminée mais ne permet pas de quantifier l'énergie dépensée sur des périodes plus brèves au cours même de chaque période. La dépense énergétique liée à l'AP peut être estimée par la différence entre la dépense énergétique totale et le métabolisme de repos ajouté à la thermogénèse alimentaire.

Le principal avantage de la technique de l'eau doublement marquée est qu'elle peut être utilisée sans contraindre les sujets à l'intérieur d'une chambre calorimétrique. De ce fait, cette méthode est devenue la méthode de référence pour la mesure de la dépense énergétique en condition de vie réelle (Speakman 2005). La méthode de l'eau doublement marquée est non invasive et les sujets peuvent donc maintenir leurs activités quotidiennes sans restriction.

Toutefois, cette méthode n'est pas conçue pour caractériser les comportements mais pour mesurer la dépense énergétique qui leur est associée. Il peut donc être nécessaire de l'utiliser en association avec une autre méthode.

2.4.1.2.4 Mesure de paramètres biologiques

2.4.1.2.4.1 Enregistrement de la fréquence cardiaque

La fréquence cardiaque est un indicateur utile de l'adaptation physiologique à l'effort et de l'intensité de l'effort ; elle est également utilisée pour estimer une dépense énergétique (Achten and Jeukendrup 2003). Cette méthode est basée sur l'hypothèse d'une relation

⁷ Méthode destinée à mesurer l'activité physique et non le comportement sédentaire.

linéaire étroite entre la fréquence cardiaque et la dépense énergétique pour des activités physiques d'intensité croissante. Cependant, des variations sont observées en fonction des capacités cardiaques du sujet, de sa condition physique, de son sexe et du type d'activité.

Cette méthode reste limitée par les variations de fréquence cardiaque observées sans relation directe avec l'AP, et par la multiplicité des méthodes développées pour traiter les données de fréquence cardiaque puis estimer la consommation d'oxygène et la dépense énergétique du sujet.

2.4.1.2.4.2 Ventilation

Plus récemment, la ventilation a été utilisée pour estimer une dépense énergétique au cours d'activité de différentes intensités (Gastinger et al. 2010, Gastinger et al. 2011). Cet indicateur pourrait s'avérer plus précis que l'enregistrement de la fréquence cardiaque pour estimer la dépense énergétique (Gastinger et al. 2012).

2.4.1.2.5 Podomètre

Petit appareil conçu pour compter le nombre de pas, le podomètre calcule également la distance parcourue et parfois la dépense énergétique associée (Corder et al. 2007). Il est généralement porté à la taille, à la ceinture ou avec une bande élastique, mais certains modèles peuvent se porter au poignet, à la cheville, dans la chaussure ou dans la poche. Sa facilité de collecte et de gestion des données, son faible coût et sa praticité en font un outil intéressant pour une utilisation individuelle ou en population. Le podomètre est un moyen simple et abordable de suivi de l'AP quotidienne d'un individu au travers de son activité de marche, exprimée en nombre de pas par jour.

Le podomètre peut fournir plusieurs indicateurs mais son utilisation pour compter le nombre de pas est recommandée car il s'agit de l'expression la plus directe de la mesure réalisée (Tudor-Locke et al. 2011). Le podomètre est donc le plus précis pour estimer le nombre de pas, il perd en précision pour évaluer la distance, et encore davantage pour évaluer la dépense énergétique (Crouter et al. 2003). La distance parcourue ou la dépense énergétique sont des valeurs qui peuvent être estimées mais nécessitent la programmation de la longueur du pas et de la masse corporelle dans le podomètre ; le calcul repose sur des hypothèses qui font de ces indicateurs des estimations indirectes (Corder et al. 2007, Tudor-Locke et al. 2011). Le podomètre peut également être moins précis lors de la marche lente (Melanson et al. 2004), observée plus particulièrement chez les personnes âgées (Cyarto et al. 2004, Le Masurier and Tudor-Locke 2003).

La sensibilité de l'appareil dépend de son mécanisme interne. Des études ont montré la supériorité du podomètre piézoélectrique comparé au podomètre à ressort pour lequel de grandes variations ont été observées (Melanson et al. 2004), notamment chez les adultes en surpoids ou obèses (Crouter et al. 2005).

En résumé, le podomètre permet une mesure globale de l'AP à faible coût, essentiellement au travers de la marche. Cependant, en raison de la grande variété des modèles, tous les podomètres ne comptent pas le nombre de pas avec précision (Le Masurier and al. 2004). Il est donc important d'avoir connaissance de la fiabilité et de la validité du modèle utilisé (Schneider et al. 2004) et de considérer les aspects méthodologiques spécifiques au podomètre (Tudor-Locke et al. 2011).

2.4.1.2.6 Accéléromètre et autres moniteurs d'activités

Les accéléromètres sont des petits appareils électroniques qui quantifient et enregistrent les accélérations du corps en mouvement, dans une, deux ou trois directions (accéléromètres uni-, bi-, triaxiaux). Les données sont ensuite analysées par ordinateur à l'aide de logiciels spécifiques. Des seuils, exprimés en nombre de coups par minute, permettent de définir des

catégories d'intensité utilisées pour caractériser l'AP ou le comportement sédentaire des personnes.

Il existe de nombreux types d'accéléromètres qui diffèrent par leurs propriétés et le traitement des données. De même, il existe plusieurs méthodes de recueil et d'analyse de données mais aussi d'indicateurs qui rendent les comparaisons entre études difficiles et soulignent la nécessité de trouver un consensus sur des protocoles de mesure de l'activité et des indicateurs à retenir (Taraldsen and al. 2012). Avec les avancées technologiques, le nombre d'appareil de mesure va croissant (exemple des smartphones). D'autres technologies émergent, ne facilitant pas la comparaison des instruments, la recherche d'équivalence et la mise en évidence des atouts et limites de chacune d'elles (Intille and al. 2012).

Le principal frein à l'utilisation des accéléromètres est leur coût et la gestion des données. De plus, la mesure de l'activité par accéléromètre nécessite une planification minutieuse et l'utilisation de stratégies appropriées pour optimiser l'observance (2005). Récemment, des recommandations visant à instaurer des protocoles standardisés pour les études de validité dans le champ de la mesure de l'AP des personnes âgées ont été proposés (Lindemann et al. 2013). Dans ce contexte, il est important de mener des études standardisées et systématiques d'équivalence fonctionnelle et proposer des méthodes de normalisation et de contrôle de la qualité (Welk and al. 2012).

L'étalonnage et la validation des appareils sont fondamentaux pour assurer des mesures de qualité et des recommandations ont été établies en ce sens (Bassett et al. 2012, Freedson et al. 2012). Il est nécessaire que les utilisateurs aient connaissance des propriétés de base des instruments qu'ils manipulent (sensibilité, précision, validité, étalonnage) (Chen and al. 2012). L'emplacement du capteur, le type d'activité et leur effet d'interaction affectent les résultats du capteur (*sensor output*) (Boerema et al. 2014). Les positions les plus latérales à la ceinture sont les moins sensibles aux interférences (Boerema et al. 2014).

Les règles d'utilisation des accéléromètres (position, nombre de jours et nombre d'heures par jour de port, type de jour) proviennent d'études menées chez des adultes. Des études plus spécifiques aux personnes âgées sont nécessaires pour s'assurer que ces choix s'appliquent également dans cette population (Hart et al. 2011, Murphy 2009, Strath et al. 2012). La question de l'observance semble également importante à soulever et il n'existe pas de consensus sur la définition des seuils permettant de délimiter les niveaux d'activité pour les personnes âgées (Strath et al. 2012).

Les algorithmes de ces appareils, généralement non divulgués par les constructeurs, traitent les données brutes ("coups") et proposent également des indicateurs de dépense énergétique. De ce fait, la validité est généralement étudiée en comparant les dépenses énergétiques calculées par ces instruments à la dépense énergétique obtenue au moyen d'une méthode de mesure de la dépense énergétique reconnue comme le critère de référence (gold-standard), et plus particulièrement la méthode de l'eau doublement marquée. Cependant, les études ont montré une grande variabilité des indicateurs produits et de leur validité pour évaluer l'AP quotidienne (Plasqui et al. 2013). Des auteurs appellent à poursuivre le développement de méthodes statistiques utilisant plusieurs caractéristiques du signal de l'accéléromètre pour estimer la dépense énergétique associée à l'AP et à mieux comprendre les erreurs systématiques et aléatoires dans les estimations actuelles (Staudenmayer et al. 2012).

Concernant la mesure du comportement sédentaire, excepté quelques moniteurs d'activité comme activPAL (PAL Technologies, Ltd., Glasgow, Scotland), la plupart des moniteurs d'activité manque de sensibilité (Chen et al. 2012). D'autres outils ont été développés, comme le « sitting pad » qui a plus particulièrement été utilisé en milieu du travail (Ryde et al. 2012) mais pourrait avoir des applications dans d'autres contextes.

Des appareils sont aujourd'hui utilisés pour mesurer plusieurs paramètres simultanément (fréquence cardiaque, température corporelle, nombre de pas, dépense énergétique, etc.).

La combinaison de plusieurs appareils ne semble toutefois pas conduire à de meilleures estimations de la dépense énergétique (Plasqui et al. 2013). Les études de validation des moniteurs d'AP sont très hétérogènes ; cela s'explique en partie par le type de moniteur et l'indicateur produit (van Remoortel et al. 2012). Les moniteurs d'activité sont moins précis pour des vitesses de marche lentes ce qui rend difficile l'évaluation de l'activité chez les personnes se déplaçant lentement du fait d'une limitation fonctionnelle ou d'une maladie chronique (van Remoortel et al. 2012). Les informations sur la validité de ces instruments dans ces populations sont également peu disponibles (van Remoortel et al. 2012).

2.4.1.3 Critères de choix d'un instrument de mesure

Le choix d'un instrument de mesure de l'AP ou de la sédentarité dépend de plusieurs facteurs liés aux caractéristiques de l'étude, de la population, de l'instrument et de l'activité (Figure 7 ; Pettee Gabriel et al. 2012).

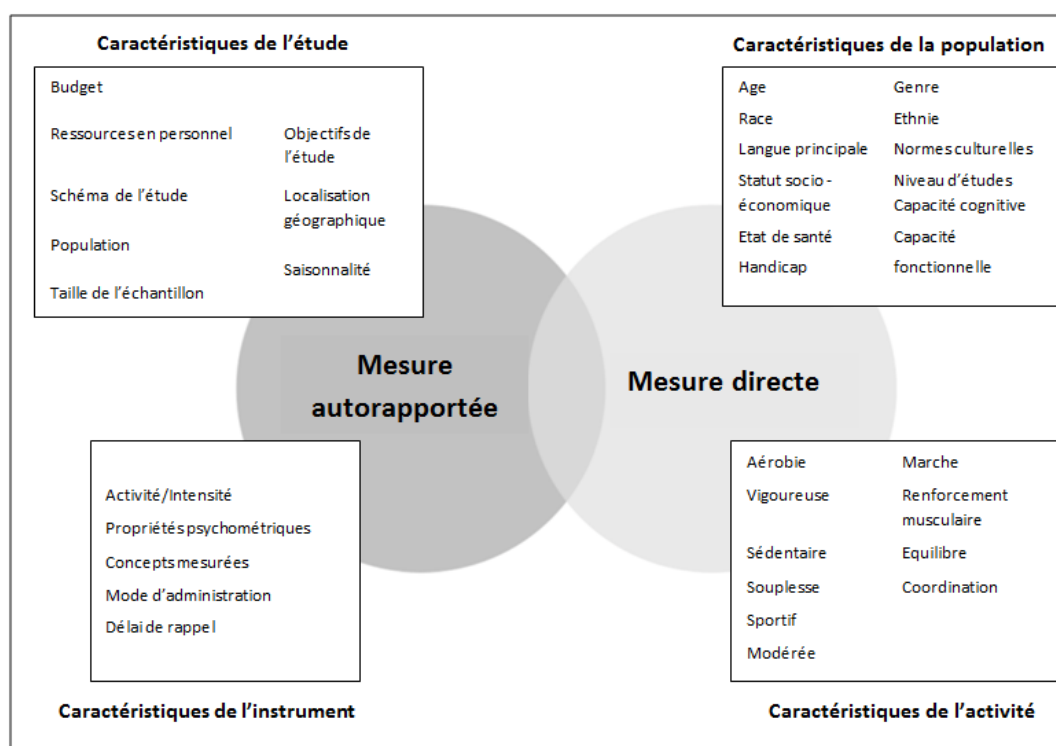


Figure 7. Questions méthodologiques impactant les mesures de l'AP et de la sédentarité (adapté de Pettee Gabriel et al. 2012).

Afin d'aider les chercheurs et les professionnels de terrain, des auteurs ont développé des systèmes d'aide à la sélection de l'instrument le plus approprié pour mesurer l'AP (Strath et al. 2013, Warren et al. 2010) et la sédentarité, en particulier parmi les méthodes déclaratives (Sternfeld and Goldman-Rosas 2012).

2.4.1.4 Conclusion

La mesure de l'AP et du comportement sédentaire est complexe : il s'agit de comportements multidimensionnels et une seule méthode ne permet pas d'intégrer toutes les facettes de ces comportements (Troiano et al. 2012, Warren et al. 2010). Si des études ont mesuré ces comportements au moyen de méthodes déclaratives seules (figure 8A), de méthodes objectives seules (figure 8B) ou ont combiné les 2 (figure 8C), il faut aujourd'hui tendre vers une approche plus intégrée (figure 8D, 8E) de la mesure de l'AP et de la sédentarité pour

une meilleure appréciation de ces comportements et de leur influence sur la santé (Troiano et al. 2012).

Pour chaque méthode, il est nécessaire de disposer d'une procédure standardisée d'utilisation comprenant les consignes d'administration, les instructions aux personnes et les mesures pour assurer la conformité des données et leur traitement (Warren et al. 2010).

Les différentes méthodes mesurent différentes composantes de l'activité et sont donc complémentaires (Kayes and McPherson 2010). S'il est reproché aux méthodes déclaratives d'être subjectives, il est important de souligner que les méthodes objectives sont également empruntes de subjectivité, plus en amont et ainsi plus rarement identifiées. La précision des mesures par des méthodes objectives varie selon le type d'instrument et repose sur des équations standardisées ou des algorithmes complexes où l'Homme intervient. Les études qui combinent les forces des méthodes de mesures déclaratives et objectives ont le potentiel de fournir de nouveaux éclairages sur les bénéfices de l'AP, les risques de la sédentarité et la façon de mettre en œuvre des interventions réussies (Haskell 2012). La perception par le sujet de sa propre activité est à considérer pour mieux comprendre les comportements et mettre en place des dispositifs visant à promouvoir l'AP ou à réduire le temps d'activité sédentaire.

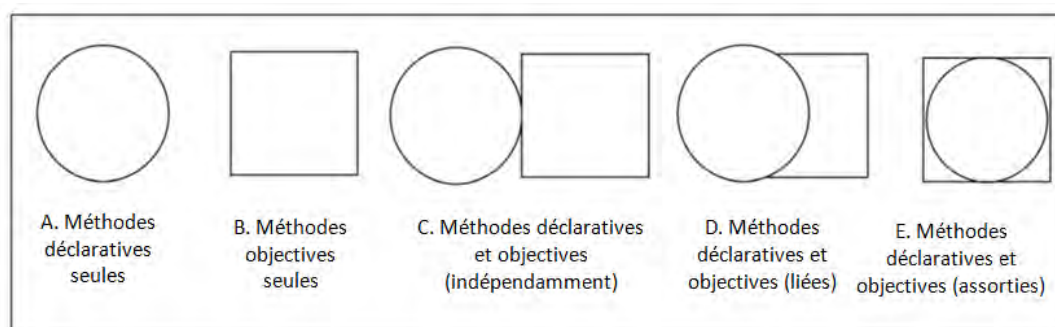


Figure 8. Différentes approches pour mesurer l'activité physique et la sédentarité à l'aide de méthodes déclaratives et objectives (adapté de Troiano et al. 2012).

2.4.2 Activité physique et sédentarité chez l'enfant et l'adolescent

Dans cette contribution sur l'AP et la sédentarité des enfants et adolescents vivant en France, le temps passé dans une AP d'intensité modérée à élevée (APME) sera considéré comme le critère principal du comportement d'AP. La définition d'une APME ainsi que le temps que les jeunes y passent peuvent présenter une disparité dépendante de l'instrument utilisé pour évaluer l'AP (Tableau 6) (Guinhouya et al. 2009c). Comparativement à l'AP, peu d'études existent actuellement dans la littérature pour objectiver les activités sédentaires. La thématique est en développement chez les enfants et adolescents.

Les considérations méthodologiques concernant les instruments de mesure de l'AP et de la sédentarité chez l'enfant et l'adolescent ont été largement abordées dans un ouvrage récent (Guinhouya 2012). Les sections à suivre permettent de mettre en exergue les spécificités (types d'outil et indicateurs exploitables) de ces instruments pour un usage chez les enfants et les adolescents.

2.4.2.1 Questionnaire de l'activité physique

La revue la plus ancienne sur les questionnaires d'AP utilisables chez les jeunes remonte à Sallis et Saelens en 1986 (Sallis and Saelens 2000). Dans cette revue, les auteurs avaient identifié 17 questionnaires d'AP de reproductibilité acceptable (0,60-0,98), mais dont la validité était très variable : coefficients de 0,07-0,88 (questionnaires auto-administrés), 0,17-0,72 (interviews) et 0,40-0,77 (réponses rapportées par un préposé). A partir de 70%, on admet en général que la validité (ou la reproductibilité) est bonne. Elle est modeste à 50 % et excellente au-dessus de 80 %. Sur la base de cette analyse, Trost (2007) a suggéré que le questionnaire auto-administré qui avait le potentiel de devenir le modèle de référence pour évaluer l'AP des enfants et adolescents était le « *Previous Day Physical Activity Recall* (PDPAR) ». En 2008, une nouvelle revue (Tessier et al. 2008), examinant les propriétés psychométriques d'une trentaine de questionnaires d'AP usuels chez les enfants et les adolescents, confirme cette observation. Néanmoins d'autres questionnaires tels que le « *Physical Activity Questionnaire for Children* », PAQ-C (Crocker et al. 1997), le « *Physical Activity Questionnaire for Adolescents* », PAQ-A (Kowalski et al. 1997) et le « *Modified Activity Questionnaire for Adolescent* », MAQA (Aaron et al. 1995) semblent également convenir pour l'évaluation de l'AP des enfants. Il est également ressorti de l'analyse de 2008 un déficit de questionnaires propres à la population pédiatrique française et la nécessité d'en construire (Tessier et al. 2008). Enfin, en 2010, une analyse systématique de la qualité méthodologique des questionnaires utilisés jusqu'en mai 2009 chez les enfants et adolescents, recense 61 questionnaires existants (Chinapaw et al. 2010). Même si les auteurs concluent qu'aucun questionnaire n'atteint un niveau de validité et de fiabilité acceptable, certains modèles sont apparus suffisamment adaptés aux différentes tranches d'âge. Ainsi, a-t-il été rapporté que chez les préscolaires, le modèle PAQ-C est le modèle le plus fiable ($r = 0,42$; Corder et al. 2009) alors que les modèles « *Questionnaire for Parents and Teachers* » ($r = 0,53$; Harro 1997) et le PDPAR ($r = 0,77$; Weston et al. 1997) ont été les plus performants, respectivement chez les enfants du primaire et les adolescents, respectivement (Chinapaw et al. 2010).

Indicateurs d'activité physique et du comportement sédentaire

Les questionnaires ou journaux d'AP permettent de considérer plusieurs domaines et dimensions de l'AP des enfants (Tableau 7). Le résultat brut issu des questionnaires se traduit généralement par un niveau de dépense énergétique liée à l'AP ou un score d'AP. Ces données brutes peuvent ensuite permettre d'opérer une classification des enfants en fonction des niveaux d'AP, en pratique avec des techniques de réduction de données souvent peu standardisées en ce qui concerne le résultat des questionnaires.

A l'instar des autres techniques d'évaluation de l'AP des enfants, il convient de choisir les questionnaires permettant de renseigner le type, la fréquence, l'intensité et la durée des activités réalisées, et éventuellement la dépense énergétique résultante. Ils doivent également rendre compte des activités entreprises lors du repos (sieste, sommeil), en position assise (temps passé en classe, à faire les devoirs, devant un écran, à lire ou à manger), en position non assise (activités ménagères, soins corporels), du trajet scolaire, des jeux entre pairs, des sports et des séances d'éducation physique (Tessier et al. 2008). Seuls deux questionnaires, dont le PDPAR, permettraient d'aborder tous les domaines de l'AP de l'enfant (Tessier et al. 2008) (Tableau 7). En revanche, le PDPAR ne semble pas produire de données permettant d'estimer les APME, qui représentent pourtant la référence des objectifs de santé. Les questionnaires tels que le PAQ-C et le PAQ-A (Tableau 7), avec des coefficients de reproductibilité analogues à celui du PDPAR mais un coefficient de validité plus bas, permettent néanmoins d'approcher au mieux ce paramètre important. En ce qui concerne le comportement sédentaire des enfants et adolescents, le temps passé devant un écran (télévision, ordinateur ou console) sera considéré comme une dimension importante, à moins que les auteurs aient incorporé d'autres aspects de la sédentarité (temps passé à discuter avec les camarades, à écouter la musique, etc.) à leur évaluation.

Tableau 6. Synthèse des attributs des différentes méthodes d'évaluation de l'activité physique chez les enfants et adolescents (Guinhouya 2012)

Méthode	Validité	coûts	objectivité	Facilité d'administration	Facilité de remplissage/d'adhésion	Evalue le pattern, le mode et les dimensions de l'activité physique	Non réactif*	Utilisable sur un grand échantillon	Adapté aux enfants < 10 ans	Adapté aux enfants > 10 ans
METHODES DECLARATIVES										
Questionnaire	●	●●●	×	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	×	●●●
Interview	●●	●	×	●●	●●	●●●	●●●	●●	●	●●●
Rapport par préposé	●	●●●	×	●●●	●	●●	●●●	●●●	●●	●
Journal/carnet	●	●●●	×	●●	×	●●●	×	●	×	●●
Observation	●●●	×	●●	●	●●●	●●	●	●	●●●	●●
METHODES OBJECTIVES										
Cardiofréquencemétrie	●●	●	●●●	●	●	●	●	●	●●	●●●
Podométrie	●●	●●●	●●●	●●	●●	×	●	●●●	●●●	●●●
Accélérométrie	●●	●●	●●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●●	●●●
Calorimétrie	●●●	×	●●●	●	●	●	×	×	●●●	●●●
EDM	●●●	×	●●●	●●	●●	×	●●	×	●●	●●●

●●● : Excellent ; ●● : Bon ; ● : Acceptable ; × : Inadéquat

* Non réactif : n'induit pas de changements de comportements lors du monitoring, EDM : Eau Doublement Marquée

Adaptation avec la permission de Stewart Trost (Trost 2005).

2.4.2.1 Observation *in situ*

Quatre grandes techniques d'observation sont régulièrement utilisées dans la littérature scientifique pédiatrique. Il s'agit des systèmes : CARS, « *Children's Activity Rating Scale* » (DuRant et al. 1993), CPAF, « *Children's Physical Activity Form* » (O'Hara et al. 1989), SOFIT, « *System for Observing Fitness Instructions Time* » (McKenzie et al. 1996) et SOPLAY « *System for Observing Play and Leisure Activity in Youth* » (McKenzie et al. 2000). Un dernier système, le SOPARC, « *Systematic Observation of Play and Recreation in Communities* » en développement devrait permettre de mieux appréhender le nombre et les caractéristiques des personnes utilisant les parcs à proximité du voisinage (Cohen et al. 2011). Plus spécifiquement, le système CARS a été conçu pour évaluer l'engagement des enfants, y compris les 3-5 ans, dans une AP durant les périodes définies pour l'investigation.

Tableau 7. Les cinq niveaux d'activité physique du système CARS (DuRant et al. 1993b)

Niveau/Description	Fréquence cardiaque attendue	Types d'activité physique
1. Stationnaire – sans mouvement	< 100 bpm	Etre couché, assis
2. Stationnaire – avec mouvement	100-119 bpm	Debout/coloriage ; Debout/jeu de balle
3. Déplacement – lent/facile	120-139 bpm	Marche à 4 km/h, 0% de pente
4. Déplacement – modéré	140-160 bpm	Marche à 4 km/h, 5-10% de pente
5. Déplacement – rapide/très rapide/extrême	> 160 bpm	Marche à 4 km/h, 15% de pente

Les enfants sont observés entre 6 et 12 heures et l'intensité des activités qu'ils entreprennent est cotée suivant une échelle en 5 points variant entre l'immobilisme et les mouvements rapides (Tableau 8). Pour utiliser efficacement cette technique, les observateurs ont besoin d'un minimum de 30 heures de formation sur 8 semaines, en s'appuyant sur des bandes vidéo et des discussions. La validité de ce système a été évaluée chez des enfants de 3-4 ans et de 5-6 ans (Du Rant et al. 1992, Du Rant et al. 1993b).

Le CPAF s'apparente quelque peu au système SOFIT (Mc Kenzie et al. 1996) puisque ce sont deux méthodes d'observation particulièrement adaptées pour évaluer les enfants dans le contexte d'un enseignement d'éducation physique. En particulier, le CPAF est composé de 4 catégories d'activité qui permettent de coter les enfants toutes les minutes. La première catégorie du CPAF a trait à la position stationnaire, sans mouvement, et la dernière concerne les mouvements rapides du tronc comme on peut en rencontrer lors d'une course ou de saut à la corde (O'Hara et al. 1989). Chaque catégorie d'activité ne peut être prise en compte qu'une fois par minute. La validité de cette méthode a été étudiée chez des enfants de 8-10 ans (O'Hara et al. 1989).

Le système SOPLAY, à l'instar du CARS, embrasse un contexte plus diversifié que la leçon d'éducation physique. En effet, ce système a été conçu pour collecter des données observationnelles sur le nombre d'enfants et leurs niveaux d'AP pendant les jeux et les loisirs lors de périodes telles que l'après-classe, la pause déjeuner ou l'avant-école (McKenzie et al. 2000). SOPLAY fonde son principe sur les techniques d'échantillonnage temporel dans lesquelles des recueils systématiques et périodiques des individus et des facteurs contextuels sont faits. Le type d'AP prédominante sur une période donnée est considéré pour la période entière. Les niveaux d'activité sont mécaniquement traduits et colligés pour être traduits par « sédentaire » (e.g. être couché, assis ou debout), « marche » ou « très actif ». Des informations relatives au temps, à la température, l'accessibilité, la

convivialité, etc., peuvent également être collectées au même moment. Une vingtaine d'heures de formation est requise pour une bonne application de la méthode. La méthode SOPLAY a été validée chez des jeunes de 11-13 ans (McKenzie et al. 2000).

Ces différentes techniques exigent toutes un temps de formation des observateurs, pouvant aller jusqu'à 30 heures dans le cas du CARS (Tableau 8). Les différentes méthodes montrent également une fiabilité appréciable (> 80 %) bien que leur niveau de validité soit très peu rapporté par la littérature. **Au total, les systèmes CARS et SOPLAY couvrant des contextes plus élargis que les deux autres, peuvent être recommandés pour les études en population de petite à moyenne ampleur.** En effet, on peut penser qu'au-delà d'une certaine taille d'échantillon, le coût de la main d'œuvre pour une bonne application des méthodes d'observation devient prohibitif, entravant de fait la faisabilité de l'étude.

Indicateurs d'activité physique et du comportement sédentaire

Les caractéristiques susceptibles d'être décrites à partir des méthodes d'observation sont présentées dans le tableau 9. Le résultat brut de ces méthodes se présente le plus souvent sous la forme d'un score ou point d'AP et en termes de dépense énergétique (DE). Ces valeurs sont toutefois traduisibles pour définir différents niveaux d'AP. Ainsi, quelle que soit la méthode considérée, l'intensité des activités réalisées par les jeunes peut être relevée. En revanche, la fréquence de ces activités ne semble être considérée par aucune de ces approches. De plus, le système SOPLAY, par comparaison au CARS, ne permet pas non plus de disposer précisément d'éléments sur la durée des activités pratiquées. En conséquence, la méthode CARS semble correspondre à la méthode d'observation qui agrège le plus grand nombre de critères pour une meilleure caractérisation du profil d'AP des enfants. Enfin, on retiendra que toutes les méthodes d'observation permettent néanmoins d'approcher l'APME et le temps sédentaire des jeunes exprimés en termes d'épisodes (pour le système SOPLAY par exemple) ou de durée (i.e. temps passé dans une APME pour le CARS).

Tableau 8. Caractéristiques de quelques modèles de questionnaires d'activité physique (Guinhouya 2012)

Méthode	Spécificités				Domaines						Catégories			Référence		
	Nombre d'items	Validité	Fiabilité	mode d'administration	Résultat brut	Type	Fréquence	Intensité	Durée	Sédentarité	APME	EPS	Jeux		Sport	Transport
PAQ-C	9	0,28-0,41	0,75-0,82	Auto-administré	Score	x	x	-	-	-	-	X	x	x	-	(Crocker et al. 1997)
PAQ-A	10	0,33-0,54	0,85-0,90	Auto-administré	Score	x	x	-	-	-	-	X	x	x	-	(Kowalski et al. 1997)
PDPAR	17	0,53-0,88	0,79-0,98	Auto-administré	Dépense énergétique	x	x	x		x	x	-	x	x	x	(Weston et al. 1997)
MAQA	5	0,63-0,84	0,66-0,72	Auto-administré	Dépense énergétique	x	-	-	-	x	-	-	x	x		(Aaron et al. 1995)
CPAQ (CLASS)	49	0,22-0,42	0,39	Préposé	Dépense énergétique	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	(Corder et al. 2009)
YPAQ (CLASS)	47	0,09-0,46	0,79-0,92	Auto-administré	Dépense énergétique	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	

APME : Activité physique d'intensité modérée à élevée ; EPS: Education Physique et Sportive ; PAQ-A : Physical Activity Questionnaire for Adolescent ; PAQ-C : Physical Activity Questionnaire for Children ; PDPAR : Previous Day Physical Activity Recall ; MAQA: Modified Activity Questionnaire for Adolescent ; CPAQ : Children Physical Activity Questionnaire ; YPAQ : Youth Physical activity Questionnaire ; CLASS : Children's Leisure Activities Study Survey

Tableau 9. Caractéristiques des différentes méthodes d'observation comportementale

Méthode	Spécificités				Résultat brut	Domaines						Référence
	Validité	Fiabilité	Contexte de l'observation	Durée de formation		Type	Fréquence	Intensité	Durée	Sédentarité	APME	
CARS	-	AIO : 84%	Varié	30 heures	Score ; Dépense énergétique	X	-	X	x	x	X	(DuRant et al. 1992 ; DuRant et al. 1993b)
CPAF	0,26-0,90	AIO : >95%	Leçon d'EPS	15-25 heures	Score ; Dépense énergétique	X	-	x	-	x	X	(O'Hara et al. 1989)
SOFIT	-	AIO : >90%	Leçon d'EPS	10-15 heures	Dépense énergétique	-	-	x	-	x	X	(Mc Kenzie et al. 1996)
SOPLAY	0,35-0,73	AIO : 85%	Varié	> 20 heures	Points d'activité physique ; Dépense énergétique ; Nombre d'épisodes	X	-	x	-	x	X	(Mc Kenzie et al. 2000)

AIO: agrément inter-observateurs ; APME : Activité Physique d'intensité modérée à élevée ; CARS: Children's Activity Rating Scale ; CPAF : Children's Physical Activity Form ; SOFIT : System for Observing Fitness Instruction Time ; SOPLAY : System for Observing Play and Leisure Activity in Youth ; EPS : Education Physique et Sportive

2.4.2.2 Eau doublement marquée (EDM)

C'est la méthode idéale pour une utilisation sur terrain puisque elle est non invasive, non radioactive et n'influence pas le comportement habituel des enfants. Toutefois, c'est une méthode très onéreuse car elle nécessite l'utilisation des isotopes (deuterium) et l'analyse de l'enrichissement isotopique dans les fluides biologiques (urines), ce qui limite son utilisation dans les études épidémiologiques.

Indicateurs d'activité physique et du comportement sédentaire

La méthode de l'EDM permet d'évaluer la DE sur de longues périodes, pouvant s'étaler sur 1 à 3 semaines. Connaissant le métabolisme basal (MB) des enfants, la DE liée à l'AP (DEap) peut être calculée suivant la formule : $DE_{ap} = DET - MB$. Cette formule brute mérite d'être corrigée puisque la DET inclut à la fois la DEap (i.e., $\pm 10-30\%$ DET), le MB (i.e., $\pm 60-70\%$ DET) mais également la thermogénèse alimentaire ou ADS des aliments (i.e., $\pm 10\%$ DET) (Starling 2002). En conséquence, en admettant que l'ADS corresponde à environ 10 % de la DET, on écrira : $DE_{ap} = DET - (MB + DET \times 0,1)$ (Ekelund et al. 2001, Plasqui and Westerterp 2007). En outre, cette méthode permet de déterminer un niveau global d'AP (NAP) en exprimant la DET en multiple du MB, selon la formule : $NAP = DET \times MB^{-1}$.

Il convient de remarquer que l'estimation de la DET – et corrélativement celle de la DEap – est largement dépendante de la connaissance du métabolisme de base de l'individu. En réalité, ce MB est déterminé lors du sommeil (ou lors d'un repos complet) de l'enfant dans une chambre calorimétrique ou à l'aide de canopy. Ceci peut de toute évidence compliquer l'utilisation de cette méthode, en raison de la mise en place d'un protocole expérimental préalable à l'application de l'EDM. Certains auteurs suggèrent en fait de combiner la méthode de l'EDM avec la calorimétrie indirecte (Vanhees et al. 2005). Ceci permettrait alors de déterminer précisément le MB et l'ADS. Néanmoins, et pour des raisons de commodité, il reste possible d'estimer le MB à partir du sexe, l'âge, le poids et la taille de l'enfant (Schofield 1985). Pour rappel, les équations prédictives ont été obtenues sur plus de 700 enfants avec une erreur standard de $64 \text{ kcal.jour}^{-1}$ (Schofield, 1985). De plus, des différences moyennes raisonnables (9,9% et -2,7%) entre le MB mesuré et le MB prédit ont été obtenues chez des enfants britanniques et néerlandais (Livingstone et al. 1992, Saris et al. 1990). Si la méthode EDM permet d'évaluer la DEap avec une bonne précision, elle ne fournit aucune information sur le profil comportemental. En particulier, l'énergie dépensée aux différentes intensités d'AP – faible, modérée et élevée – ne peut être estimée par cette méthode EDM. Cette objection majeure faite à la méthode de l'EDM a été en partie résolue grâce aux travaux de l'équipe de Ulf Ekelund (2001). Ainsi, pour les enfants, ces auteurs ont proposé, sur la base du NAP, les valeurs suivantes pour discriminer entre les différentes intensités : $NAP < 1,55$ (AP d'intensité faible) ; $1,55 \leq NAP \leq 1,80$ (AP d'intensité modérée) ; $NAP > 1,80$ (AP d'intensité élevée) (Ekelund et al. 2001c). Dans cette configuration, il est assez difficile de déduire le niveau correspondant aux activités sédentaires qui n'ont pas été explicitement abordées dans cette étude.

Il faut reconnaître que ces valeurs ont été obtenues sur un échantillon de taille limitée et en utilisant comme référence les « counts » moyens obtenus à partir d'un accéléromètre. Les performances diagnostiques de ces valeurs restent à tester en vue leur utilisation généralisée dans la population pédiatrique.

2.4.2.3 Moniteurs de fréquence cardiaque (FC)

Différentes techniques d'enregistrement sont disponibles à l'heure actuelle : 1) la télémétrie 2) ; le système par magnétophones ; 3) le dispositif à semi-conducteurs. La télémétrie semble être la technologie la plus populaire. Les moniteurs de FC actuels se composent d'un émetteur léger fixé à la poitrine avec des électrodes ou une ceinture, et d'un récepteur/micro-ordinateur qui est porté comme une montre au poignet. Dans la littérature scientifique actuelle trois types de cardiofréquencemètres sont couramment utilisés :

Indicateurs d'activité physique et du comportement sédentaire

Le signal obtenu par télémétrie permet de déterminer un certain nombre d'indicateurs d'AP habituelle validés chez l'enfant (DuRant et al. 1993, Treiber et al. 1989) pour définir le temps passé à différentes intensités d'AP. Welk et al. (1998) ont montré que les indicateurs de FC étaient fortement corrélés avec les données obtenues par observation directe lors d'activités réalisées pendant les séances d'éducation physique ($r = 0,79$) et plus faiblement corrélés dans les situations d'inactivité en classe ($r = 0,49$). Plusieurs approches existent pour classer les niveaux d'intensités d'AP à partir des sorties d'un cardiofréquencemètre. Le tableau 10 permet d'établir une correspondance entre les différents indicateurs de FC aux différentes intensités d'effort. Par exemple, une APME correspondrait à une sollicitation cardiaque de 140 bpm soit environ 60 % de FCmax, 50 % de FCres ou à une FC supérieure de 50 % à la FC de repos (i.e., FC-AP50). Mais d'où proviennent ces considérations et quelle est leur signification ?

Tableau 10. Seuils validés et indicateurs de fréquence cardiaque utilisables

Indice	Catégories d'activité					Référence
	Très faible	faible	modérée	Elevée	Modérée à élevée	
FC (bpm)	<120	120-140	140-160	≥160	≥140	(Armstrong et al. 1990)
FCmax (%)	<40	40-60	60-70	>70	≥60	(Ekelund et al. 2001b)
FCres. (%)	20-40	40-50	50-60	≥60	≥50	(Epstein et al. 2001)
FC-AP	FC-AP25	FC-AP25- FC-AP50	FC-AP50- FC-AP75	≥ FC-AP75	≥FC-AP50	(Logan et al. 2000), (Sleep and Tolfrey 2001)
Flex-FC	-	-	-	-	-	(Livingstone et al. 1992)

FC : Fréquence Cardiaque ; %FCmax : pourcentage de la Fréquence Cardiaque maximale ; %FCrés. : pourcentage de la Fréquence Cardiaque de Réserve ; FC-AP : Fréquence Cardiaque d'Activité Physique ; Flex-FC : Flex Fréquence Cardiaque

Les valeurs absolues de FC ont été les premières à être adoptées dans la littérature scientifique. Ainsi, le temps passé à des FC de 120, 140 et 160 bpm a été considéré comme le reflet de l'engagement des enfants dans une AP d'intensité faible, modérée et élevée, respectivement (Armstrong et al. 1990, Armstrong and Bray 1991). Si cette approche a été attractive pour des raisons pratiques évidentes (simplicité du traitement des informations téléchargées à partir du moniteur de FC), elle ne permet pas de prendre en compte les influences individuelles de l'âge, du sexe, de la composition corporelle ou encore de la condition physique sur la FC. La deuxième approche a permis de standardiser les valeurs absolues de FC par la prise en compte de la FC maximale (FCmax) des enfants. De ce fait,

les catégories d'intensité sont devenues des unités de la FCmax des enfants (Ekelund et al. 2001b). Cette approche correspond à une adaptation des recommandations faites à l'endroit des adultes par l'ACSM (ACSM, 1995). L'utilisation en pratique de cette méthode de réduction des données suppose la connaissance au préalable de la FCmax, qui n'est généralement obtenue de façon fiable qu'à l'issue d'un test d'effort maximal. Cette condition en limite l'utilisation à grande échelle, à moins de considérer l'approximation FCmax = 220-âge (Astrand and Rhyming 1954) dont on connaît les limites en raison de la forte variabilité individuelle de la FCmax. De plus, la FCmax ne dépend pratiquement pas de la condition physique ou du niveau d'entraînement. Cet aspect n'est donc pas pris en compte par cette forme d'expression des données de FC. Une troisième approche consiste à exprimer la FC au cours d'une AP par rapport à la FC de repos (i.e., un meilleur témoin de la forme cardio-respiratoire en comparaison avec la FCmax) (DuRant et al. 1992). Une telle expression permet de prendre en compte les différences individuelles liées à l'âge et la condition physique. Elle a été à l'origine de la création d'indices tels que la FC-AP dont les valeurs associées (e.g. 25, 50, 75) correspondent à une FC respectivement supérieure de 25%, 50% et 75% à la FC de repos (Logan et al. 2000, Sleaf and Tolfrey 2001). D'autres indicateurs, tels que le calcul de la FC de réserve, sont issus de la prise en compte de la FC repos et FCmax ; par l'application de la formule de calcul de Karvonen et al. (Karvonen et al. 1957) :

$$\%FC_{res} = \frac{FC_x - FC_{repos}}{FC_{max} - FC_{repos}} \times 100, \text{ avec } FC_x \text{ désigne la FC atteinte lors de l'activité.}$$

La contrainte majeure de cette dernière approche, qui correspond de loin à la meilleure standardisation possible des valeurs de FC, concerne la connaissance à la fois de la FCmax et de la FC_{repos}. Si la FCmax des enfants peut s'obtenir en s'appuyant sur une formulation mathématique, même approximative, l'obtention de la FC_{repos} reste difficile. Elle peut en effet correspondre aux valeurs de FC collectées pendant la nuit ; mais elle peut également être la FC obtenue dans la journée au moment le plus calme. Cette différence peut pourtant générer d'importantes erreurs sur la valeur de la FC_{repos}. Cette contrainte limite de fait la taille de l'échantillon pouvant être considéré dans les différentes études. Toutefois, dans la mesure du possible, c'est l'expression de la FC de réserve qu'il faudrait privilégier dans les études épidémiologiques ou cliniques. Une dernière approche, appelée la méthode Flex-FC (Livingstone et al. 1992) est souvent utilisée pour obtenir une estimation de la DE. Elle exige une calibration individuelle de la relation entre FC et VO₂ au coucher, en position assise, debout et lors de la réalisation de différentes sortes d'AP. Le Flex-FC est obtenu en faisant la moyenne entre la plus haute FC obtenue au repos/dans les activités sédentaires et la plus faible FC durant un exercice de faible intensité. Cette approche d'estimation de la DE, chronophage et coûteuse, reste d'un intérêt limité en épidémiologie de l'AP.

2.4.2.4 Podométrie

Plusieurs modèles de podomètres sont disponibles dans le commerce et peuvent servir de support à différentes fins (Tableau 11). Toutefois, les revues systématiques les plus récentes (de Vries et al. 2006, de Vries et al. 2009) et certaines études comparatives tendent à montrer que les podomètres de type DigiWalker™ sont les plus valides et fiables chez l'enfant. Ce type de podomètre, relativement léger (21 g) et d'un coût très abordable (17\$-25\$) est capable de détecter des mouvements d'une amplitude comprise entre 0,35 et 0,50 G. Les podomètres DigiWalker™ fonctionnent au moyen d'un levier à ressort en suspension qui capture le nombre de pas réalisés. Les nouvelles générations de podomètres (tel que Omron® ou New Lifesyles) sont conçues, à l'instar des accéléromètres, avec des capteurs piézo-électriques intégrés, ce qui en augmente la sensibilité aux déplacements. Les pas réalisés par l'enfant sont alors comptabilisés à chaque différence de potentiel générée par la déformation du cristal piézo-électrique. Cette nouvelle génération de podomètres est également dotée d'une mémoire (capacité de stockage autonome jusqu'à 7 jours). Ceci

permet de réduire l'implication du porteur, requise par les podomètres classiques. Des analyses de validité et de fiabilité sont encore nécessaires pour attester la supériorité de ces nouveaux podomètres.

Tableau 11. Caractéristiques générales de quelques podomètres usuels

Type	Capteur utilisé	Résultats	Placement	Autonomie
New Lifestyles NL-2000	Piézo-électricité	Nombre de pas, distance, dépense énergétique		7 jours
Omron HJ	Piézo-électricité	Nombre de pas, distance, pas aérobiques		7 jours
Sun TrekLINQ	Levier à ressort	Nombre de pas, distance, dépense énergétique, durée d'activité physique, vitesse	Taille	Aucune
Walk4Life 2505	Levier à ressort	Nombre de pas, durée d'activité physique		Aucune
Yamax DigiWalker SW-701/SW-200	Levier à ressort	Nombre de pas, distance, dépense énergétique		Aucune

Indicateurs d'activité physique et du comportement sédentaire

Le nombre de pas réalisés représente l'indicateur du niveau global d'AP. En revanche, la majorité des podomètres actuels ne permet pas d'estimer, du moins directement, le temps passé à différentes intensités d'activité (activités sédentaires, ou d'intensité faible, modérée ou élevée), ni de stocker en temps réel les données avec une grande capacité. Les modèles récents et certaines études de validité réalisées à partir des anciens modèles, ont essayé d'estimer les APME. Cette approximation est basée sur le principe que la fréquence des pas est liée à la DE ; en ce sens que réaliser 50 pas/min concéderait un équivalent métabolique plus faible que de faire 150 pas/min.

Le nombre de pas réalisés par les jeunes peut être efficacement utilisé dans les campagnes de communication pour relayer des objectifs de santé publique tels que l'appel à « *réaliser 15000 pas/jour !* ». Pour rappel, certaines études antérieures suggèrent d'inciter les filles et garçons à réaliser respectivement un minimum de 12000 pas/jour et 15000 pas/jour (Duncan et al. 2007, Tudor-Locke and Bassett 2004) dans une perspective de santé publique. Plus récemment, Tudor-Locke et collègues ont rapporté que pour atteindre les 60 min/jour d'APME, les enfants d'âge scolaire devraient réaliser en moyenne 13000-15000 pas/jour pour les garçons, et 11000-12000 pas/jour pour les filles. L'équivalent chez les adolescents (garçons et filles) serait respectivement de 10000 et 11700 pas/jour (Tudor-Locke et al. 2011).

Des données nouvelles tendent à montrer la capacité des podomètres à fournir des indications de plus en plus précises sur les APME (Beets et al. 2011). Par exemple, les modèles NewLife NL, OMRON® ou encore Walk4Life sont dotés d'un algorithme permettant d'en extraire directement le temps ou les épisodes d'APME. Pour le modèle Walk4Life en particulier (extraction uniquement des épisodes d'APME), il appartient au porteur de définir, lors de la phase d'initialisation de son podomètre, le nombre de pas/min sensé refléter une APME. (Marshall et al. 2009). Ce résultat a été cependant obtenu chez les adultes et est difficilement transposable aux enfants et adolescents. Ainsi a-t-il été observé que ~120 pas/min (Beets and Pitetti 2011, Graser et al. 2009) devraient être équivalent à une APME chez les enfants. Des systèmes de conversion sont aussi proposés dans la littérature pour traduire les pas podométriques en minutes d'APME et inversement :

$$Pas (\text{podomètre}) = 4383 + 45 \times APME(\text{min}), (r = 0,48 ; p < 0,001) (\text{Rush et al. 2011})$$

ou

$$Pas (\text{podomètre}) = 6134 + 129 \times APME(\text{min}), (r = 0,73 ; p < 0,001) (\text{Cardon and de Bourdeaudhuij 2007}).$$

Si ces deux études ont utilisé le même type de podomètre, le modèle Digiwalker SW-200, l'écart entre ces deux équations peut s'expliquer par deux raisons fondamentales : l'âge des enfants et le protocole d'évaluation. D'une part la population d'étude est différente : 8-11 ans dans la première (Rush et al. 2011) et 4-6 ans dans la seconde (Cardon and de Bourdeaudhuij 2007). D'autre part, la première étude n'a considéré qu'une portion de la journée des enfants : une journée scolaire de 6 heures ; alors que dans la seconde étude, les enfants ont porté le podomètre pendant 5 jours à raison de plus de 11 heures de données recueillies par jour.

Néanmoins, les données de Beets et al. (Beets et al. 2011) confirment l'approximation d'épisodes d'APME par l'enregistrement de la marche à vitesse de 120 pas/min. De plus, cette étude suggère que chez les enfants de 10-14, le podomètre assure une estimation valable des minutes passées dans une APME, et semble les sous-estimer chez les plus jeunes (5-8 ans) (Beets et al. 2011).

Des données nouvelles permettent d'apporter davantage de précision sur le nombre de pas requis pour les garçons et les filles sans pour autant prétendre à une conclusion définitive concernant l'implication de cette valeur sur la santé les jeunes. Dans une étude menée par Adams et collègues (Adams et al. 2013), le nombre de pas requis pour atteindre les 60 min/jour d'APME a été calibré en utilisant un accéléromètre de type ActiGraph et en appliquant une diversité de seuils. Ces auteurs ont suggéré une « règle de base » de ≥ 11500 pas/jour pour les enfants et adolescents des deux sexes, et d'un point de vue pratique d'appliquer un seuil de 9000 pas/jour (Adams et al. 2013).

Les données sont plus rares concernant la définition du seuil du comportement sédentaire. Une suggestion initiale a été faite par Tudor-Locke et al. est d'adopter les valeurs < 10000 pas/jour pour les garçons (6-12 ans) et < 7000 pas/jour pour les filles (6-12 ans) comme étant les seuils définissant le comportement sédentaire (Tudor-Locke et al. 2008). Certains autres auteurs ont également appliqué aux enfants et adolescents, le seuil défini pour les adultes (< 5000 pas/jour) (Craig et al. 2010a). La tendance actuelle est de considérer un seuil de < 7000 pas/jour pour définir le comportement sédentaire des enfants et adolescents sans que cette valeur soit confirmée par des preuves convergentes (Tudor-Locke et al. 2013). Seule l'étude de Kambas et al. a révélé que cette valeur était associée chez des préscolaires à une faiblesse des habiletés motrices (Kambas et al. 2012).

2.4.2.5 Accélérométrie

Ces dernières années, l'accélérométrie est devenue la méthode la plus populaire pour quantifier l'AP habituelle de l'enfant. Plusieurs études ont permis de mettre en évidence la validité, la fiabilité et la faisabilité de l'accélérométrie chez l'enfant en laboratoire et en conditions de vie réelle (Trost et al. 1998, Welk and Corbin 1995). Cette approche est dorénavant acceptée comme la « méthode de référence » pour évaluer les activités de la vie courante des enfants et des adolescents.

L'une des questions qui peuvent émerger pour l'utilisateur d'un accéléromètre concerne le choix du type d'accéléromètre adapté à l'objectif poursuivi. En effet, on peut dénombrer un nombre relativement élevé d'accéléromètres qui diffèrent entre autres en fonction de leur nombre d'axes de détection (i.e., un, deux ou trois axes). Par exemple, on peut distinguer les accéléromètres uniaxiaux (e.g. The ActiGraph 7164/71256/GT1M), bidirectionnels (e.g. Biotrainer), triaxiaux (e.g. RT3, The ActiGraph GT3X) ou encore omnidirectionnels (e.g. Actical). Toutefois, à la différence du nombre d'axes impliqués dans la détection du

mouvement, les accéléromètres actuels dépendent presque tous de la piézoélectricité. Trost et al. (2005) ont rapporté à ce titre l'inexistence de données formelles à propos de la supériorité d'un accéléromètre par rapport aux autres. Néanmoins, de récentes revues systématiques convergent vers une relative supériorité des qualités clinimétriques du modèle ActiGraph (de Vries et al. 2009, Plasqui and Westerterp 2007). Ce type d'accéléromètre est d'ailleurs le plus utilisé dans la littérature scientifique actuelle ; ce qui peut expliquer en partie l'abondance de données sur sa validité/fiabilité, et donc sur sa prétendue supériorité clinimétrique déterminée au moyen de coefficients de validité et de reproductibilité obtenus par la comparaison à des méthodes de référence telles que l'eau doublement marquée, la calorimétrie indirecte ou l'observation.

De façon sommaire, l'ActiGraph (27-35 g) permet de détecter toutes les variations d'accélération dans le plan vertical du corps humain en échantillonnant 10 signaux par seconde. Le nouveau modèle GT3X est en revanche triaxial ; capturant ainsi les variations d'accélération sur les axes vertical, antéropostérieur et médio-latéral du corps humain. Le moniteur est conçu pour enregistrer l'AP des individus pour des variations d'accélération d'amplitude comprise entre de 0,05 et 2 G. Son capteur intégré permet d'identifier toute la bande de fréquences allant de 0,25 à 2,5 Hz. L'ActiGraph est le plus souvent attaché à la taille de l'enfant, et préprogrammé pour enregistrer et stocker des données pendant plusieurs jours. Les anciens modèles d'ActiGraph (e.g. 7164/71256, GT1M) ne sont pas étanches. Le modèle GT3X apporte cette qualité manquante de l'ActiGraph (i.e. étanchéité jusqu'à 1 mètre de profondeur) ; ce qui peut autoriser son utilisation pendant les activités comme la natation.

Indicateurs d'activité physique et du comportement sédentaire

Comme présenté dans le tableau 12, les accéléromètres, au travers du signal qu'ils génèrent, permettent de couvrir les intensités dans un continuum allant de la sédentarité aux activités physiques d'intensité les plus élevées. Avec une telle étendue d'informations collectées pendant une même période d'évaluation, il devient possible de développer des indicateurs supplémentaires voire d'établir précisément le profil comportemental des enfants, avec une maîtrise des temps « forts » (i.e., haut niveau AP) et des temps « faibles » (i.e., baisse du niveau d'AP voire sédentarité). Ceci rend faisable l'examen rigoureux des interactions comportementales entre l'AP et la sédentarité d'un enfant, et la recherche du motif de certains changements inattendus.

Les meilleures données actuellement disponibles sur les indicateurs utilisables à partir des accéléromètres sont présentés dans le tableau 12. Ainsi, 32 études réalisées entre 1997 et 2011 ont permis de calibrer/valider les accéléromètres, et de fournir des seuils susceptibles d'être utilisés pour définir les différentes catégories et niveaux d'AP chez des jeunes de 2-18 ans. Toutes ces études, sauf peut-être une (Ekblom et al. 2011) ont fixé préférentiellement les accéléromètres à la taille des enfants. Il existe également deux équations assurant un calcul du seuil adapté en fonction de l'équivalent métabolique considéré et d'un certain nombre de paramètres personnels de l'enfant, y compris son sexe et son âge (Freedson et al. 1997b, Trost et al. 1998). Néanmoins, si l'on considère uniquement les APME qui sont actuellement le niveau d'AP cible des campagnes de santé publique, et qui correspondent à une marche rapide, un total de 34 seuils est applicable chez les enfants et adolescents. Autant dire 34 possibilités de définir cette intensité, avec une non-équivalence absolue des résultats générés (Bornstein et al. 2011, Cliff and Okely 2007, Guinhouya et al. 2006; Guinhouya et al. 2009d). C'est là la problématique majeure de l'accélérométrie actuelle chez les enfants et les adolescents

Pour l'heure, chez les préscolaires, le seuil d'APME est compris entre 1676 et 3560 cpm (coups par minute), avec le modèle ActiGraph. Il varie entre 1263 et 3600 cpm chez les enfants d'âge scolaire ou les adolescents. Pour le modèle Actical, ce seuil APME se situe entre 715 et 2032 cpm et entre 300 et 1500 cpm, 1500 et 1600 cpm chez les préscolaires, les enfants d'âge scolaire et les adolescents, respectivement. Les accéléromètres du type

RT3 n'ont été validés que dans une population d'enfants d'âge scolaire et les adolescents. Dans le cas d'espèce, le seuil APME s'étale entre 950 et 1860 cpm. Trois études seulement, incluant uniquement des enfants d'âge scolaire, se sont intéressées au modèle Actiwatch. La même équipe de chercheurs, dans deux études différentes, a rapporté des seuils de 900 cpm (Puyau et al. 2004) puis 700 cpm (Puyau et al. 2002) pour définir les APME. Pour le même modèle d'accéléromètre, la seule étude ayant calibré l'outil au poignet des enfants suggère un seuil de 1048 cpm pour l'APME (Ekblom et al. 2011). Les modèles Actiheart et Activtracer ont été calibrés exclusivement chez des préscolaires. Des seuils APME de 473 cpm (garçon)/420 (fille) et de 395 cpm ont été rapportés pour l'Actiheart et l'Activ trainer, respectivement. Enfin, le modèle Biotrainer®, calibré chez des 8-12 ans, aurait un seuil APME de 4000 cpm.

Cette présentation montre la grande disparité des pratiques et la difficulté résultante de comparer rigoureusement les études entre elles, y compris celles utilisant un modèle identique d'accéléromètre. Une revue récente comparant le niveau d'AP des enfants et adolescents européens (Guinhouya et al. 2013b) permet de mieux appréhender la difficulté de rendre comparables des études mesurant des paramètres différents alors qu'elles ont toutes prétendu évaluer l'APME. En matière de comparabilité, celle des données intra-accéléromètres reste au moins aussi faible que la comparabilité des résultats inter-accéléromètres. L'urgence d'un consensus est plus que jamais d'actualité. A ce titre, il importe dans le cadre de cette expertise, de considérer plusieurs seuils différents pour définir l'APME des enfants, en prenant soin de préciser la valeur retenue par les auteurs des études sélectionnées. Le fait de considérer que l'APME des jeunes soit validée contre un seuil physiologique de 3, 4 ou 5 METs n'atténue pas la confusion existant autour de la valeur d'accélérométrie correspondante.

Des tentatives émergent pour améliorer la comparabilité d'études utilisant le même modèle d'accéléromètre, notamment le type ActiGraph (Bornstein et al. 2011, Guinhouya et al. 2009d). Par exemple, Guinhouya et al. (Guinhouya et al. 2009d) ont proposé le modèle ci-après d'ajustement des erreurs :

$$y = 0,02x \text{ (R}^2= 0,99, \text{ SEE} = 0,72, \text{ p} < 0,0001) \text{ (Guinhouya et al. 2009)}$$

Où y désigne la différence attendue sur le résultat APME (en minutes) de deux seuils différents et x l'écart (en count par minute) entre ces deux seuils.

Si l'approche de Guinhouya et collègues (2009d) reste théorique, le développement d'un système de conversion « universelle » simple et facile d'utilisation reste un objectif à atteindre. Par ailleurs, les systèmes de conversion développés ne résolvent pas forcément l'ensemble des problèmes liés à la non-équivalence des seuils actuels. De plus, ils ont été basés sur le modèle ActiGraph uniquement ; ce qui n'autorise peu de comparaisons entre les différents modèles d'accéléromètres utilisés dans la littérature. Pour le modèle ActiGraph, une revue systématique récente (Kim et al. 2012) indique, contrairement à d'autres auteurs (Romanzini et al. 2012, Trost et al. 2011b) qui soutiennent un seuil de 2296 cpm (Evenson et al. 2008), qu'aucun seuil n'a la robustesse méthodologique suffisante pour s'imposer comme la valeur de référence de l'APME. Compte tenu des incertitudes résiduelles, il paraît raisonnable d'adopter plusieurs seuils dans une même étude (Ekelund et al. 2011, Guinhouya et al. 2011) jusqu'à ce qu'un consensus relatif au seuil adapté aux enfants soit établi.

Tableau 12. Seuils validés pour la réduction des données et indicateurs utilisables pour différents modèles d'accéléromètre, exprimés pour une collecte de données toutes les minutes

	Age (an)	Intensité				Référence	
		sédentaire	légère	modérée	élevée		modérée à élevée
	2-3	< 196 cpm	196-1676 cpm	≥ 1676 cpm	-	≥ 1676 cpm	(Troost et al. 2011a)
	3	-	1205-2456 cpm	2457-4920 cpm	≥ 4920 cpm	≥ 2457 cpm	
	4	< 1452 cpm	1452-3244 cpm	3245-4936 cpm	≥ 4936 cpm	≥ 3245 cpm	(Sirard et al. 2005)
	5	< 1592 cpm	1593-3560 cpm	3560-5016 cpm	≥ 5016 cpm	≥ 3560 cpm	
	3-4	< 1100 cpm	-	-	-	-	(Reilly et al. 2003)
	3-5	-	< 1680 cpm	1680-3368 cpm	≥ 3368 cpm	≥ 1680 cpm	(Pate et al. 2006)
	4-6	< 1492 cpm	1492-2340 cpm	2340-3524 cpm	≥ 3524 cpm	≥ 2340 cpm	(van Cauwenberghe et al. 2011)
	5-8	< 100 cpm	100-2296 cpm	2296-4012 cpm	≥ 4012 cpm	≥ 2296 cpm	(Evenson et al. 2008)
	6-7	< 10 cpm	10-400 cpm	400-3000 cpm	≥ 3000 cpm	≥ 400 cpm	(Krishnaveni et al. 2009)
ActiGraph	6-16	< 800 cpm	800-3199 cpm	3200-8200 cpm	≥ 8200 cpm	≥ 3200 cpm	(Puyau et al. 2002)
	6-18	< 100 cpm	100-1262 cpm	1263-4135 cpm	≥ 4135 cpm	≥ 1263 cpm	(Freedson et al. 1997b)
	6-18	-	-	1267-4057 cpm	≥ 4057 cpm	≥ 1267 cpm	(Troost et al. 1998)
	7-8	< 100 cpm	100-2240 cpm	2240-3840	≥ 3840 cpm	≥ 2240 cpm	(Pulsford et al. 2011)
	8-10	< 300 cpm	-	2910-5010 cpm	≥ 5010 cpm	≥ 2910 cpm	(Stone et al. 2009)
	8-12	-	-	-	-	≥ 2172 cpm	(Welk 2005)
	10-16	< 400 cpm	400-1900 cpm	1900-3918 cpm	≥ 3918 cpm	≥ 1900 cpm	(Vanhelst et al. 2011)
	11-14	-	-	-	≥ 6700 cpm	-	(Jago et al. 2007)
	12	-	-	3600-6100 cpm	≥ 6100 cpm	≥ 3600 cpm	(Mattocks et al. 2008)
	13-14	< 100 cpm	100-3000 cpm	3000-5000 cpm	≥ 5000 cpm	≥ 3000 cpm	Treuth et al. (Treuth et al. 2004)
Actical	3-5	-	< 715	715-1410 cpm	≥ 1410 cpm	≥ 715 cpm	Pfeiffer et al. (Pfeiffer et al. 2006)

	5-8	< 44 cpm	44-2032 cpm	2032-2876 cpm	≥ 2876 cpm	≥ 2032 cpm	Evenson et al. (Evenson et al. 2008)
	7-18	< 100 cpm	100-1500 cpm	1500-6500 cpm	≥ 6500 cpm	≥ 1500 cpm	Puyau et al. (Puyau et al. 2004)
	8-17	-	< 300cpm	300-1650 cpm	-	≥ 1650 cpm	Heil (Heil 2006)
	9-15	-	-	1600- 4760 cpm	≥ 4760 cpm	≥ 1600 cpm	Colley et Tremblay 2011)
RT3	8-12	< 420 cpm	420-1860 cpm	1860-4110 cpm	≥ 4110 cpm	≥ 1860 cpm	Chu et al. (Chu et al. 2007)
	9-10	< 288 cpm	288-970 cpm	970-2333 cpm	≥ 2333 cpm	≥ 970 cpm	Rowlands et al. (Rowlands et al. 2004)
	10-14			1323-2609 cpm	≥ 2609 cpm	≥ 1323 cpm	Kavouras et al. (Kavouras et al. 2008)
	10-16	< 40 cpm	40-901 cpm	950-3410 cpm	≥ 3410 cpm	≥ 950 cpm	Vanhelst et al. (Vanhelst et al. 2011)
Actiwatch	6-16	<100 cpm	100-900 cpm	900-2200 cpm	≥ 2200 cpm	≥ 900 cpm	Puyau et al. (Puyau et al. 2002)
	7-18	< 50 cpm	50-700 cpm	700-2500 cpm	≥ 2500 cpm	≥ 700 cpm	Puyau et al. (Puyau et al. 2004)
	8-10	< 320 cpm*	320-1048 cpm*	1048-1620 cpm*	≥ 1620 cpm*	≥ 1048 cpm*	Eklom et al. (Eklom et al. 2011)
Actiheart	3-6 ♂	< 180 cpm	-	-	-	≥ 472 cpm	De Bock et al.(De Bock et al. 2010)
	3-6 ♀	< 100 cpm	-	-	-	≥ 420 cpm	
Activ tracer	5-6	-	-	395-1038 cpm	≥ 1038 cpm	≥ 395 cpm	Tanaka et al. (Tanaka and Tanaka 2009)
Biotrainer	8-12	-	-	-	-	≥ 4000 cpm	Welk et al. (Welk et al. 2007)

* Résultats obtenus au niveau du poignet

En ce qui concerne l'évaluation par accélérométrie des comportements sédentaires chez les jeunes, la même problématique apparaît quant à la définition de seuils de comportement sédentaire (Tableau 12). Celle-ci, comme précédemment indiqué pour l'AP, tient à la fois du grand nombre d'accéléromètres utilisables, mais surtout pour un même accéléromètre, des différences entre les seuils applicables (Reilly et al. 2008). De façon analogue à l'AP, ce n'est nullement le fait d'avoir fixé physiologiquement la sédentarité à un seuil de 1,5 MET qui modifie quoi que ce soit à la variété des seuils accélérométriques admis par les scientifiques pour l'évaluer.

2.4.2.6 Nouvelles technologies : combinaison des moniteurs de fréquence cardiaque ou des capteurs de mouvement avec la géolocalisation

Depuis quelques années, différentes études permettent de décrire les associations entre l'environnement construit et le comportement de mouvement des jeunes. Ces études considèrent l'aménagement des cours de récréation ou des aires de jeux, l'espace scolaire, la connectivité des rues, la présence d'un réseau routier, la densité de la population, l'utilisation mixte des voies et la distance de l'école au domicile. Ces éléments de l'environnement construit peuvent favoriser une augmentation du niveau moyen d'AP des enfants et adolescents en facilitant la marche et l'utilisation de vélo dans leur bassin de vie. Les relations entre l'AP et ces particularités de l'environnement construit ont été autrefois investiguées avec des techniques « subjectives » telles que les questionnaires auto-remplis ou l'observation. Mais les systèmes d'information géographiques (SIG) ont été rapidement adoptés comme méthodes objectives d'exploration du contexte dans lequel se déroule l'AP des jeunes. Certaines données indiquent un agrément faible (62% et kappa = 0,095) entre la proximité d'un parc, rapportée par auto-déclaration, et cette distance déterminée au moyen de SIG (Macintyre et al. 2008). Ce résultat suggère l'approximation avec laquelle les méthodes subjectives pourraient permettre la connaissance du contexte dans lequel les comportements prennent place. Par ailleurs, l'utilisation de SIG s'est démocratisée en matière d'approche objective de l'environnement construit, assurant ainsi une collecte et un examen aisés des informations complexes sur la densité, la connectivité des rues, l'utilisation mixte des voies (Badland et al. 2010). Enfin, les SIG peuvent être utilisés pour modéliser les itinéraires navettes à l'échelle individuelle sur la base de la distance la plus courte du réseau calculée avec la fonction installation/équipement la plus proche.

En substance, un SIG est une plate-forme de logiciels permettant d'établir la cartographie et de manipuler des données pour examiner les relations et profils des données référencées géographiquement. Une telle plate-forme peut intégrer des données de plusieurs sources (santé, services, transport, etc.) avec les données géographiques. Elle est de plus en plus utilisée dans la recherche en santé. Des données récentes, comparant le SIG et le géo-positionnement satellitaire (GPS) en ce qui concerne l'utilisation de la marche ou du vélo par les enfants sur des trajets courts, comme les allers-retours à l'école, indiquent un résultat similaire sur ces distances (Duncan and Mummery 2007). En revanche, le SIG fournirait davantage d'informations sur les rues animées que le GPS (Duncan and Mummery 2007). Puisque le SIG fournit essentiellement des informations simulées sur les itinéraires par comparaison au GPS dont l'une des caractéristiques particulières est d'indiquer l'itinéraire réel des enfants l'utilisation du GPS s'est accrue ces dernières années. En effet, en raison de ces informations simulées, le SIG serait sujet à des erreurs écologiques : il y a un risque, avec ce système, d'un assortiment incorrect de l'AP des jeunes aux particularités de l'environnement étudié. De plus, il semble que le SIG ne fournisse que peu de renseignements sur les différents lieux où se déroulent les AP de l'enfant et n'est pas en mesure de caractériser ces AP. Le SIG ne peut ainsi rendre compte des barrières à l'AP de l'enfant que d'une façon artificielle.

Le GPS est un instrument objectif, passif, peu encombrant et qui permet de mesurer le mouvement et de suivre spatialement à la trace la localité de ce mouvement. Depuis le lancement du premier satellite expérimental en 1978, le GPS est devenu l'outil fondamental de navigation et un instrument de surveillance des routes et de cartographie. Le GPS fournit des informations temporelles précises, pouvant avoir de nombreuses applications scientifiques. En effet, chaque satellite à partir duquel le GPS reçoit son signal est équipé d'une horloge atomique. Une période d'initialisation pouvant aller de 15 secondes à 5 min pour synchroniser l'horloge du GPS à l'horloge atomique, est nécessaire au démarrage du GPS. Ensuite, par trilatération de sa position à partir de signaux envoyés par des satellites, le GPS est capable de déterminer la position, la vitesse et l'altitude. Dans le domaine de la santé, plusieurs applications ont été rapportées, notamment l'évaluation des composantes du patron de marche ou la mesure de l'AP de la vie courante (Le Faucheur et al. 2011, Maddison and Ni Mhurchu 2009) tout en fournissant de riches informations sur le contexte de ces activités. Enfin, même les modèles de GPS à faible coût (e.g. GlobalSat® DG100 ; Garmin GPS60®) se sont révélés suffisamment valides pour estimer de façon précise des distances et vitesses de marche (Le Faucheur et al. 2007). Toutefois, le GPS présente la limite d'évaluer le profil d'AP uniquement dans les zones en plein air, avec une ligne de vue dégagée vers le ciel. En effet, sans connexion, le GPS ne fournit pas de signal. Par ailleurs, un environnement urbain émaillé de gratte-ciels ou d'arbres peut gêner et interrompre inopinément le signal GPS. Ceci peut être à l'origine d'une perte substantielle de données, et d'une compliance faible des enfants, à qui on demanderait de maintenir une position statique, le temps que le signal GPS s'enclenche.

Pour ces raisons, de plus en plus d'auteurs suggèrent de combiner le GPS avec d'autres technologies, notamment les bases de données SIG au sein desquelles il est possible d'importer les données GPS (Rodriguez et al. 2005). De même, la combinaison du GPS avec des instruments classiques d'évaluation de l'AP des enfants tels que le cardiofréquencemètre ou les accéléromètres (Tableau 13) paraît être une orientation idéale pour optimiser la collecte des données d'AP et établir le profilage comportemental et contextuel le plus complet possible. Par exemple, chez des enfants de 5-10 ans, il a été obtenu que la combinaison du GPS avec un moniteur de fréquence cardiaque assure l'enregistrement des données aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur (Duncan et al. 2009). De même, une association du GPS à l'accélérométrie chez des enfants de 8-11 ans a permis de montrer que les enfants marchaient plus lentement lorsqu'ils étaient accompagnés d'un adulte que s'ils étaient seuls (Mackett et al. 2007).

En définitive, il peut être considéré que le GPS apparaît comme un outil utile pour améliorer notre compréhension du comportement d'AP des enfants en fournissant des informations contextuelles objectives. Toutefois, si le GPS est combiné au SIG ou des instruments tels que les accéléromètres, des informations supplémentaires seront obtenues quant à l'interaction des individus avec leur environnement. Pour cela, plusieurs verrous, notamment l'utilisation de plusieurs instruments, devraient être levés par le développement de modèles de GPS intégrant les techniques de l'accélérométrie ou de la cardiofréquencemétrie. Dans tous les cas, les données GPS peuvent être facilement importées vers les bases de données SIG. Comme présenté dans le tableau 13, l'association de ces nouvelles technologies avec les accéléromètres ou les moniteurs de FC apporte un supplément d'information sur le type d'AP, mais surtout sur la localisation de ces activités. Ce type d'information est de nature à améliorer l'aide à la décision en matière de politiques de santé publique ou de politiques de ville, en offrant au besoin de meilleures possibilités d'aménagement du territoire.

Tableau 13. Comparatif des différentes techniques d'exploration de l'activité physique en population pédiatrique

Méthode	Spécificités		Variable de résultat brute	Domaines						Localisation			
	Précision	Praticalité		Type	Fré- quence	Intensité	Durée	Sédentarité	APME	Domicile	Ecole	Voisinage	Transport
Méthode subjective													
Questionnaire (CPAQ/YPAQ)	-	+++	Dépense énergétique	+/-	++	++	++	+++	+++	++	++	++	++
Observation	+++	+/-	Dépense énergétique	+++	+/-	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Marquage physiologique													
Calorimétrie et EDM	+++	-	Dépense énergétique	NA	+	+++	-	+/-	+	-	-	-	-
Moniteur de FC	+/-	++	Fréquence cardiaque	NA	+++	+++	+++	+++	+++	-	-	-	-
Actimétrie													
Podométrie	++	+++	Nombre de pas	NA	+++	+++	-	-	-	-	-	-	-
Accélérométrie	++	++	Counts par période	NA	+++	+++	+++	+++	+++	+/-	+/-	+/-	+/-
Nouvelles technologies													
Accélérométrie + GPS/SIG	+++	++	Counts + Contextes/coordonnées géographiques	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Moniteurs de FC + GPS/SIG	++	+/-	FC + Contextes/coordonnées géographiques	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

CPAQ : Children Physical Activity Questionnaire; YPAQ : Youth Physical activity Questionnaire ; EDM : Eau Doublement Marquée ; FC : Fréquence Cardiaque ; GPS : Géo-Positionnement Satellitaire ; SIG : Système d'Information Géographique

2.4.2.7 Conclusion

On retiendra de cette analyse qu'en matière d'évaluation des comportements de mouvement des enfants et adolescents, la difficulté majeure réside dans l'estimation des intensités des activités dans lesquelles ils sont impliqués. De ce fait, la validité de la classification des jeunes selon qu'ils soient physiquement actifs, inactifs ou sédentaires s'en trouve affaiblie. Ceci rend difficile non seulement la comparaison entre enquêtes, mais également la prise de décision de santé publique et la conception des stratégies de promotion de la santé par l'AP. En particulier, l'intensité « modérée » ou « marche rapide » qui constitue la cible des campagnes de prévention reste encore mal cernée. Les différences physiologiques et biomécaniques entre l'enfant et l'adulte écartent de fait toute possibilité d'extrapolation des résultats avérés chez l'adulte. Ceci a pourtant été et reste une pratique courante dans la littérature actuelle concernant les enfants et les adolescents. Par exemple, l'équivalent métabolique de 1 MET ou $3,5 \text{ ml d'O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ établi pour l'adulte (Pate et al. 1995) a été régulièrement appliqué aux jeunes populations alors même qu'il est connu que le métabolisme basal varie entre $6 \text{ ml d'O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ à 5 ans et $3,5 \text{ ml d'O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ à 18 ans (Schofield 1985). C'est sur cette base erronée (1 MET pour $3,5 \text{ ml d'O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) que le seuil de 3 METs a été admis comme la borne inférieure de l'activité modérée, y compris chez les enfants et adolescents. Même si dès 1998, il a été proposé un seuil de 5 METs pour la marche dynamique de l'enfant (Pate et al. 1998), la force des « traditions » et des habitudes a été à l'origine d'une dizaine d'années de confusion. La tendance actuelle est à l'admission d'un seuil de 4 METs pour définir la borne inférieure de l'activité modérée chez les enfants et adolescents (Kim et al. 2012, Trost et al. 2011b) alors que les bases rationnelles de ce choix restent floues. En outre, une revue systématique indique que dans les études de calibrations, ce seuil s'étend de 3 à 5,7 METs (Kim et al. 2012). Si sur le plan physiologique, la définition de l'équivalent métabolique de la marche chez l'enfant est problématique, il serait envisageable de l'approcher plus simplement du point de vue de la biomécanique en considérant la vitesse de marche pouvant correspondre à cette intensité. De ce point de vue, on conviendra que la vitesse de marche spontanée (i.e. confortable) d'un enfant de 6-17 ans est comprise entre $3,8$ et $4,5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (Cristol and Bérard 1998, Ridley and Olds 2008). A cette vitesse de marche, la fréquence cardiaque atteint 110-120 bpm (Cristol and Bérard 1998). De plus, comme rapporté précédemment (Guinhouya et al. 2011b), la marche rapide se situerait autour d'une vitesse de 5 à $6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Le test de marche de 6 min est un exemple de mise en situation de marche rapide. La FC moyenne d'un groupe d'enfants de 9-10 ans au cours d'un test de marche de 6 min est d'environ 135 bpm, ce qui traduit un stress cardio-respiratoire modéré (Guinhouya 2011b). C'est ce niveau de sollicitation qui semble être requis dans la vie de tous les jours lors d'AP d'intensité modérée afin d'atteindre des objectifs de santé. En ce qui concerne l'évaluation des comportements sédentaires, on a tendance à considérer le seuil de 1,5 MET chez les jeunes autant que chez l'adulte.

2.4.3 Activité physique et sédentarité chez les personnes déclarant une limitation fonctionnelle d'activité (LFA)

Porter un regard précis sur les pratiques d'AP et de sédentarité des personnes LFA est une tâche dont grande la complexité provient à la fois de la pluralité des situations de vie incluses sous le terme « handicap » et de la disparité des informations et données statistiques disponibles concernant ce public.

Les outils et méthodes utilisés dans les études menées en population générale ne sont généralement pas utilisables auprès de personnes déclarant une LFA, particulièrement en cas de mobilité réduite ou de capacité de compréhension altérée. Ainsi, les méthodes déclaratives (questionnaire ou journal d'AP), pas toujours validées auprès de ce public, sont néanmoins utilisées, et limitent la possibilité de recueillir des données spécifiques. De même, les techniques de mesure indirecte (marqueurs physiologiques, notamment fréquence cardiaque ou capteurs de mouvement) ne sont pas toujours validées pour le public ciblé. Par

exemple l'utilisation d'actimètres et compteurs de mouvements est compliquée pour les personnes utilisatrices de fauteuils roulants, et les seuils déterminés à 100 pas/min pour les activités modérées, ou 40 pas/min pour les activités de faible intensité, ne sont pas applicables pour les personnes à mobilité réduite (Manns et al. 2012).

Les données décrivant des liens de causalité entre les bénéfices attendus et la pratique d'AP apparaissent progressivement concernant la qualité de vie, la santé et la limitation des facteurs de risques pour l'état de santé. Ces données restent disparates et généralement liées à une catégorie de déficiences ou d'incapacités. En raison de la difficulté de conduire des essais randomisés contrôlés ou des études longitudinales auprès de ce public (hétérogénéité des populations, faibles nombre d'inclu), le niveau de preuve est en général bas. Ainsi, les études actuelles présentent souvent un faible niveau de preuve lié à la disparité du public, à l'absence de groupe témoin et à la grande proportion de perdus de vue (Martin Ginis et al. 2005). Ces études sont généralement transversales et basées sur de petits effectifs ; le recueil de données est généralement basé sur des méthodes déclaratives (Fekete and Rauch 2012). Peu d'articles de revue sont disponibles et il n'existe quasiment pas de méta-analyse.

Les données décrivant les comportements d'AP et de sédentarité et leurs facteurs associés et déterminants sont également peu nombreuses et souffrent des mêmes défauts méthodologiques. Elles sont empiriques et quasiment exclusivement déclaratives, utilisant des méthodes de collecte de données standardisées, ce qui restreint les réponses à des choix prédéterminés, et par conséquent limite la collecte des données qualitatives spécifiques issues de l'expérience de vie de ces personnes (Fekete and Rauch 2012). Les données disponibles sont le plus souvent axées sur les restrictions de participation dans différents domaines (emploi, loisirs, scolarité) (Bouvier 2011) décrivant peu les comportements actifs et sédentaires.

De plus, la plupart des études a été conduite aux Etats Unis ou au Canada, ce qui questionne sur la possible transposition des résultats, tant relatifs aux comportements actifs et sédentaires qu'à l'influence de l'environnement..

2.4.4 Outils méthodologiques pour l'étude du rythme veille-sommeil

La mise en évidence de la rythmicité biologique nécessite un suivi en continu des variables enregistrées. La méthode de référence (gold-standard) pour déterminer objectivement les états de vigilance est la polysomnographie qui combine, l'électroencéphalographie, l'électrooculographie et l'électromyographie de muscles posturaux. Le scoring (macrostructure) s'effectue en utilisant les critères de Rechtschaffen et Kales (De Weerd et al. 2002). Un traitement du signal EEG (microstructure) peut aussi être effectué visuellement (graphoéléments) ou numériquement (analyses fréquentielles, vaguelettes, etc.). Pour détecter les épisodes d'hypovigilance ou de somnolence, les variations de la puissance spectrale dans la bande alpha (8-12 Hz) ont fait l'objet de nombreuses publications. Pour qualifier la profondeur du sommeil, c'est surtout la bande delta (0,5-4 Hz) qui fait l'objet d'analyses particulières.

Les enregistrements polysomnographiques sont surtout réalisés à l'hôpital dans des espaces spécialisés appelés « laboratoire du sommeil » (chambres équipées de matériel polygraphique et de caméras reliées à des postes de surveillances). Au cours des 20 dernières années le matériel s'est miniaturisé et est devenu transportable pour pouvoir faire des enregistrements de plusieurs jours. L'installation des systèmes doit être réalisée par des techniciens et le dépouillement de très grandes quantités de données est chronophage. Des systèmes d'analyse automatique des signaux numérisés se sont développés, dont la fiabilité n'est pas encore optimale (Shibasaki et al. 2014).

A côté des laboratoires du sommeil, d'autres techniques ont vu le jour. Elles permettent l'acquisition d'informations de paramètres moteurs ou végétatifs associés aux états de

vigilance dans des environnements qui ne sont pas contraints (environnements habituels, lieu de travail, etc.). La technique la plus utilisée est l'enregistrement actimétrique de la mobilité. L'actimétrie est une technique qui utilise des accéléromètres pour déterminer les phases d'activité et repos d'une personne. Les périodes d'inactivité sont associées au sommeil et celles d'activité, à l'éveil. De longues périodes d'inactivité reflètent un sommeil stable alors que l'apparition de phases d'activité entre l'endormissement et le réveil est le reflet d'un sommeil fragmenté et instable. Cette technique est très utile pour une approche quantitative globale car elle distingue les deux grands états de vigilance que sont la veille et le sommeil. Dans ce cas, l'estimation est fiable à 85 % ; elle l'est beaucoup moins pour une approche qualitative et quantitative des autres états de vigilance. L'autre technique utilisée pour quantifier les états de vigilance est l'enregistrement par Holter de l'électrocardiogramme. Cette technique repose sur le fait que, pendant le sommeil, le temps de transit du pouls est dépendant de l'état de vigilance dans lequel est le sujet. Cette technique ne peut pas être utilisée pendant l'éveil. Elle est parfois couplée à l'actimétrie pour affiner les mesures de cette dernière.

Les autres méthodes sont déclaratives. Pour l'étude du rythme veille-sommeil, la méthode la plus utilisée est l'agenda d'activité et du sommeil. Le sujet consigne sous une forme simple les heures de coucher, celles approximative d'endormissement, celles des réveils nocturne, celles du réveil matinal, et du lever, celles des siestes d'une part et, d'autre part, les horaires et la qualité (sur une échelle de 1 à 5) des activités physiques.

Pour étudier la qualité de l'éveil, de nombreux questionnaires (Pittsburg sleep quality index (PSQI), Echelle d'Epworth (ES) ou de Stanford (SSS)) ou échelles d'évaluation subjectives (EVA) de la somnolence, de la fatigue, de l'anxiété, etc. sont utilisés.

Pour conclure, pour étudier les effets de l'AP sur le rythme veille-sommeil, **notre analyse bibliographique a retenu en premier toutes les études qui ont utilisées l'enregistrement polysomnographique lors de protocoles expérimentaux.** Cette approche épistémologique nous semble être la plus précise et la plus à même à apporter des réponses claires à la question posée. L'utilisation de méthodes spécifiques à l'analyse de la somnolence diurne (comme le test itératif d'endormissement ou le test de maintien d'éveil) est aussi un critère de qualité des études.

2.4.5 Outils de mesure du stress et de l'anxiété

Les outils actuellement disponibles afin de mesurer le stress émotionnel et psychologique peuvent être rangés en trois grandes catégories, selon les approches considérées. Les outils de mesure peuvent être centrés sur l'évaluation des facteurs de stress (approche environnementaliste), sur les réponses subjectives individuelles à ces facteurs (perception des facteurs de stress, de leurs contraintes, évaluation subjective des réponses de l'organisme, etc.), ou sur les réponses biologiques aux stressseurs (outils centrés sur l'évaluation objective, mesurable, des systèmes physiologiques activés en réponse aux facteurs de stress) (Koop et al. 2010).

Classiquement, en épidémiologie, l'approche du stress psychologique ou émotionnel se fait grâce à des questionnaires spécifiques le plus souvent auto-administrés ; cette approche, par l'auto-déclaration, privilégie l'expression du vécu et des signes subjectifs ressentis. D'une manière générale, ce sont des questionnaires courts qui sont retenus pour des études sur de larges cohortes ; cependant, un compromis est nécessaire entre la rapidité de renseignement de ces questionnaires et leur précision pour l'évaluation du stress, c'est pourquoi un minimum de 4-5 questions semble nécessaire (Connor et al. 2007). Les questionnaires administrés par des entretiens en face à face restent rarement utilisés en raison de leur coût, de l'importance de l'apprentissage préalable pour leur administration, et de la longueur de leur traitement.

2.4.5.1 Les questionnaires environnementalistes.

Différents questionnaires ont été proposés dont les plus utilisés sont :

- le SRLE (Survey of Recent Life Experiences) (Dohrenwend et al. 1984 , Kohn et al. 1992). Ce questionnaire permet de collecter des informations sur plusieurs facteurs de contrainte émotionnelle, liés à la vie familiale, professionnelle, relationnelle (amis, intégration sociale, etc.) et matérielle. Suivant la version, le questionnaire comporte 51 ou 41 items regroupés en 6 catégories, les difficultés socio-culturelles, liées au travail, à la pression temporelle, les problèmes financiers, d'intégration sociale et le ressenti de victimisation sociale. La collecte des informations nécessite de 15 à 20 minutes. Les résultats obtenus avec ce questionnaire ont été mis en relation avec les résultats d'autres questionnaires mesurant le stress psychologique ou les effets ressentis du stress ; les corrélations sont en général bonnes, et le SRLE est considéré comme étant un bon outil de mesure des contraintes engendrées par l'environnement socio-culturel et professionnel ;
- le BSRS (Bergen Social Relationships Scale) (Mittelmark et al. 1999). Ce questionnaire est centré sur l'approche du stress d'origine sociale chez les adolescents et les adultes ; il est auto-administrable, contient 6 items, et nécessite 5 à 10 minutes pour être renseigné. Cet outil est considéré comme étant valide pour mesurer le stress chronique d'origine sociale, aussi bien dans la population générale que dans des groupes fragiles comme les personnes âgées (Kopp et al. 2010) ;
- le JCQ (Job Content Questionnaire) (Karasek et al. 1985). Ce questionnaire est spécialement conçu afin d'évaluer les risques pour la santé mentale de professions à de fortes charges psychologiques et de mesurer les contraintes psychologiques et sociales des métiers. Le questionnaire classiquement utilisé comporte 49 items qui permettent d'évaluer 21 aspects différents des métiers, regroupés en 5 domaines, ceux de la liberté de décision et de contrôle des prises de décisions, des contraintes psychologiques, du soutien social au sein du milieu professionnel, des contraintes physiques, et de la sécurité d'emploi. Le questionnaire est auto-administrable et nécessite 15 à 20 minutes pour être renseigné. Il a été validé dans de nombreux pays aux cultures différentes (Etats-Unis, Pays-Bas, Japon, Espagne, France, etc.), chez des hommes et des femmes exerçant près de 85 métiers différents.

Les évaluations de certains domaines ont été mises en relation avec des marqueurs de la santé mentale, et c'est ainsi qu'on a pu montrer que l'évaluation des contraintes psychologiques par le questionnaire était un bon prédicteur de la survenue d'épuisement psychologique et de burn-out, alors que l'évaluation de la liberté de décision était prédictive de signes cliniques d'intolérance des facteurs de stress comme la dépression et l'anxiété (Karasek et al. 1988).

- le ERI-Q (Effort-Reward Imbalance Questionnaire) (Siegrist et al. 1986). Ce questionnaire est aussi destiné à mesurer les effets chroniques du stress professionnel, partant de l'hypothèse que l'un des facteurs déterminants du stress psychologique au travail, c'est l'absence de retour favorable aux efforts consentis. Il repose sur une double approche, d'une part celle de l'origine extrinsèque du stress, liée à l'absence de retour positif et de gratifications au travail consenti, qui explore les relations entre les exigences de l'emploi et les retours favorables, et d'autre part celle de son origine intrinsèque, basée sur le niveau d'investissement du sujet à son emploi (et la détection d'états de sur-investissement). Ces deux origines peuvent avoir des conséquences sur le stress professionnel, de manière totalement indépendante, ou en étant intriquées.

Le questionnaire comporte 23 items dans sa version classique et 16 dans sa version courte (Siegrist et al. 2009), la durée d'administration varie de 10 à 15 minutes. Il a été validé dans de très nombreux pays, dont la France. Les résultats du

questionnaire sont exprimés par le rapport E/R qui représente le déséquilibre entre les efforts consentis au poste de travail (E) et les récompenses et satisfactions tirés de l'investissement (R). Des valeurs supérieures à 1 traduisent un investissement supérieur à la reconnaissance obtenue.

De nombreuses études ont démontré que le ERI-Q était un outil intéressant pour évaluer le risque d'effets secondaires de situations de stress professionnel, affectant l'état de santé physique et mentale.

2.4.5.2 Les questionnaires dits psychologiques

Ces questionnaires évaluent les conséquences psychologiques individuelles d'états de stress émotionnel. Les principaux de ces questionnaires sont :

- le PSS (Perceived Stress Scale) (Cohen et al. 1983) est l'un des plus utilisés afin d'évaluer la perception individuelle du stress émotionnel ; il mesure la manière dont un individu évalue une situation comme étant « stressante ». Les questions sont de nature très générale, ce qui fait que ce questionnaire peut être appliqué à de multiples situations ; il comporte entre 10 et 14 items à renseigner en répondant sur une échelle en 5 points, et est très rapide à administrer (5-7 minutes).
- La validité de ce questionnaire, sa fiabilité et sa répétabilité ont été évaluées au cours de multiples expérimentations, avec toujours des résultats très satisfaisants. Il a été traduit dans différentes langues et aucune spécificité culturelle ne lui a été reconnue, ce qui le rend utilisable dans tous les pays. Cet outil est donc utile aussi bien en épidémiologie chez des sujets sains qu'en clinique, et chez des sujets de différents niveaux socio-économiques.
- le BDI (Beck Depression Inventory) (Beck et al. 1996) permet d'évaluer la présence et la sévérité de signes de dépression chez les adolescents et les adultes. C'est un questionnaire auto-administrable qui comporte 21 items et nécessite 10-15 minutes pour être renseigné ; il permet de détecter la présence de signes somatiques, de perturbations affectives et cognitives associées à la dépression. Les réponses aux items se font sur une échelle en 4 points et le score global qui est obtenu en considérant les 21 items, permet d'estimer le niveau de gravité des signes de dépression. La dernière version de ce questionnaire est en cohérence avec les critères de signes de dépression grave tels que reportés dans le manuel diagnostique et statistique des maladies mentales (DSM-IV) (Beck et al. 1996).

Le BDI a été validé par de nombreuses études réalisées chez des adolescents et des adultes, sains ou porteurs de pathologies psychiatriques ou d'organes (maladie de Parkinson, troubles du comportement alimentaire, addictions, état d'anxiété). C'est un outil intéressant d'évaluation des signes de dépression, même si certains items ne sont pas spécifiques de ces états.

- le BSCI (Brief Stress and Coping Inventory) (Rahe et Tolles 2002) permet d'apporter des informations importantes sur différents domaines du stress émotionnel et les stratégies d'accommodation au stress (« coping »). Le questionnaire comporte près de 180 items et nécessite 30 minutes pour être renseigné. Ces items permettent d'estimer 5 échelles du stress (prenant en considération les manifestations psychologiques, physiques du stress émotionnel, les modifications comportementales) et 5 échelles de stratégies d'accommodation au stress (habitudes de vie, support social, techniques de maîtrise du stress, motifs de satisfaction de vie, etc.). Chacune de ces composantes (de caractéristiques du stress et de « coping ») est quantifiée, normalisée ; le score global de BSCI représente l'ensemble des scores de caractérisation du stress auquel on soustrait le score de « coping ». Un score négatif traduit un niveau de stress supérieur aux capacités de défense de l'individu.

Le BSCI est un outil parfaitement validé, qui tient une place importante pour mettre en relation les facteurs de stress individuels liés à l'environnement socio-professionnel et les stratégies d'accommodation au stress.

En conclusion, il existe différents outils d'évaluation des facteurs de stress (approche environnementaliste), ou des réponses subjectives individuelles à ces facteurs (évaluation subjective des réponses de l'organisme) sous forme de questionnaires utilisables en épidémiologie. Ces questionnaires ont tous une spécificité propre, ce qui les indique en fonction des objectifs précis des enquêtes. A ce propos, il existe des outils spécifiques de l'évaluation des facteurs de stress dans le monde du travail, et des réponses individuelles des employés soumis à ces régimes de pressions physiques et psychologiques (Tabanelli et al. 2008). L'évaluation objective des réponses aux facteurs de stress, centrée sur des mesures des systèmes physiologiques (mesure du cortisol salivaire, plasmatique, des catécholamines, etc.), reste circonscrite aux travaux de recherche clinique.

2.4.6 Outils de mesure de la qualité de vie

Plusieurs instruments validés sont actuellement disponibles et peuvent être distingués entre instruments génériques (décrivant l'état de santé indépendamment des situations sanitaires particulières) et échelles spécifiques à une maladie chronique. Une question majeure dans l'évaluation de la QdV chez l'enfant est de savoir s'il est capable de répondre et rapporter de manière précise ses sensations à l'égard de la santé et du bien-être ; et si tel est le cas, à quel âge précisément (Bullinger et al. 2008). Pour ces raisons, les versions à compléter par les parents (ou un autre préposé de l'enfant) ont autant été développées que les versions auto-administrées par l'enfant. Chez les plus jeunes, il est souvent demandé aux parents de répondre pour le compte de leur enfant, mais les réponses peuvent présenter des discordances. Ainsi, l'OMS a formulé des lignes directrices pour le développement de questionnaires de QdV pour l'enfant, en insistant sur le fait que ces questionnaires doivent préférentiellement être centrés sur l'enfant, auto-déclarés, en adéquation avec l'âge et la culture des enfants. Certains questionnaires génériques répondent à cet ensemble de conditions, et ce sont ceux qui seront présentés ci-dessous.

Six questionnaires de QdV liée à la santé de l'enfant et trois questionnaires chez l'adulte ont été utilisés dans une étude en relation avec les comportements de mouvement (Tableau 14). Comme indiqué dans ce tableau, la composition des questionnaires peut rendre difficile la comparaison des données recueillies.

Chez l'enfant et l'adolescent, la validation des questionnaires de QdV liée à la santé a souvent été réalisée en les comparant les uns aux autres, ce qui s'est traduit par des coefficients de validité assez bas (0,38-0,68). La validation des scores de QdV liée à la santé par rapport à l'état de santé des jeunes a produit des tailles d'effet variant entre modérées et très fortes ; des effets dans tous les cas statistiquement significatifs. Néanmoins, les différents questionnaires de QdV applicables aux enfants et adolescents affichent une fiabilité remarquable, avec un coefficient généralement supérieur ou proche de 0,70. Seul le CHQ-CF (Child Health Questionnaire™) comporte des items dont la cohérence interne (CCI : 0,06-0,84) pourrait interroger. Réciproquement, parmi les questionnaires répertoriés, le CHQ-CF correspond à celui qui comporte le plus de dimensions à évaluer (12 dimensions contre 4 à 10 dimensions pour les autres). Chez l'adulte, les questionnaires SF-36 (36-item Medical Outcomes Study Short-Form Health Survey) et WHOQOL-BREF (WHO Quality of Life-BREF) sont actuellement les plus utilisés, avec des coefficients de validité et de fiabilité plus qu'acceptables.

Tableau 14. Instruments génériques d'évaluation de la qualité de vie et ses rapports avec l'activité physique

Instrument	Résumé des caractéristiques	Propriétés psychométriques		Références
		Validité coefficient de validité contre critère (préciser) ou validité construite (vs. état de santé)	Fiabilité Cohérence interne (α de Cronbach) ou coefficient de corrélation intra-classe (CCI) ou kappa (κ)	
ENFANT ET ADOLESCENT				
CHQ-CF: Child Health Questionnaire-Child Form	<ul style="list-style-type: none"> 81 items 12 domaines : Fonctionnement physique ; Limitations du rôle émotionnel ; Limitations du rôle comportemental ; Limitations du rôle physique ; Douleur corporelle ; Comportement général ; Santé mentale ; Estime de soi ; Santé globale perçue ; Changement de l'état de santé ; Activités familiales ; Cohésion familiale 	<ul style="list-style-type: none"> Toutes les sous-échelles permettent de différencier ($p < 0,001$) les enfants présentant une maladie (i.e. allergies, asthme, eczéma, migraine) de ceux n'en présentant pas (Taille d'effet : 0,33-0,99) 	<ul style="list-style-type: none"> α de Cronbach : $>0,70$ (sauf pour le fonctionnement physique : 0,56) CCI : 0,06-0,84 	(Raat et al. 2002)
EQ-5 D-Y	<ul style="list-style-type: none"> 5 items relatifs à : Mobilité ; Prise de soin de soi ; Activités usuelles ; Douleur et inconfort ; Anxiété et dépression 1 échelle visuelle analogique associée 	<ul style="list-style-type: none"> $r = -0,53$ (vs. état de santé globale auto-rapporté) Discriminant vis-à-vis de l'état de santé des enfants 	<ul style="list-style-type: none"> CCI : 0,69-0,99 $\kappa >0,67$ 	(Ravens-Sieberer et al. 2010 ; Wille et al. 2010)
Kidscreen	<ul style="list-style-type: none"> 52 items 10 domaines : Bien-être physique ; Bien-être psychologique ; Auto-perception ; Relations familiales et avec les parents ; Support social et des pairs ; Environnement scolaire ; Humeur et émotions ; Autonomie ; Acceptation sociale (intimidation) ; Ressources financières Existe sous la forme de versions courtes de 27 et 10 items 	<ul style="list-style-type: none"> $r = 0,51-0,68$ (vs. KINDL-R) 	<ul style="list-style-type: none"> α de Cronbach : 0,77-0,89 	(Ravens-Sieberer et al. 2005)
KINDL-R	<ul style="list-style-type: none"> 24 items 6 domaines : Bien-être physique ; Bien-être émotionnel ; Estime de soi ; Famille ; Amis ; Fonctionnement de tous les jours 	<ul style="list-style-type: none"> $r = 0,38-0,54$ (vs. Kidscreen) Différences significatives sur les différents domaines entre les enfants en bonne santé et ceux présentant une maladie chronique (Taille d'effet : -0,28-0,58) 	<ul style="list-style-type: none"> α de Cronbach (sous-échelle) : 0,54-0,73 α de Cronbach (score total) : 0,82 	(Bullinger et al. 2008)
PedsQL™: Pediatrics Quality of Life	<ul style="list-style-type: none"> 23 items 	<ul style="list-style-type: none"> Les enfants en bonne santé ont un score plus élevé que 	<ul style="list-style-type: none"> α de Cronbach (Données auto-rapportées) : 0,71- 	(Varni et al. 2003)

inventory	<ul style="list-style-type: none"> • 4 domaines : Fonctionnement physique ; Fonctionnement émotionnel ; Fonctionnement social ; Fonctionnement scolaire • Version adaptée selon l'âge de l'enfant : 5-7 ans/8-12 ans et 13-18 ans 	les enfants présentant une maladie chronique (taille d'effet : 0,55-0,81)	0,89 <ul style="list-style-type: none"> • α de Cronbach (Données rapportées par les parents) : 0,74-0,92 	
VSP-A: Vécu et Santé Perçue de l'Adolescent	<ul style="list-style-type: none"> • 40 items • 6 domaines et un index de santé globale : Bien-être psychologique ; Energie ; Amis ; Parents ; Loisirs ; Ecole 	<ul style="list-style-type: none"> • $r = 0,53$ (vs. un item visuel analogique de santé globale) • $r = 0,62$ (vs. score d'estime de soi) 	<ul style="list-style-type: none"> • α de Cronbach: > 0,80 • CCI : 0,69 	(Simeoni et al. 2000)
ADULTE				
SF-36	<ul style="list-style-type: none"> • 36 items • 8 domaines : Fonctionnement physique ; Limitations du rôle physique ; Douleur corporelle ; Santé mentale ; Limitations du rôle émotionnel ; Fonctionnement social ; Vitalité ; Santé globale perçue • Existe dans une version courte SF-12 	<ul style="list-style-type: none"> • Tendances linéaires vers une baisse des scores SF-36 (sur les 7 domaines) avec la détérioration de l'état global de santé perçue ($p < 0,0001$) 	<ul style="list-style-type: none"> • α de Cronbach : 0,76-0,90 	(Jenkinson et al. 1994 ; Ware et al. 1998)
WHOQOL	<ul style="list-style-type: none"> • 100 items • 6 domaines : Santé physique ; Psychologie ; Niveau d'indépendance ; Relations sociales ; Environnement ; Spiritualité/Religion/Croyances personnelles 	<ul style="list-style-type: none"> • $r : 0,24-0,68$ (vs. score global de qualité de vie) 	<ul style="list-style-type: none"> • α de Cronbach : 0,65-0,93 	(WHOQOL and Group 1995; WHOQOL and Group 1998)
WHOQOL-BREF	<ul style="list-style-type: none"> • 26 items • 4 domaines : Santé physique ; Psychologie ; Relations sociales ; Environnement 	<ul style="list-style-type: none"> • $r \approx 0,90$ (vs. WHOQOL) • Score discriminant entre malades et non malades dans chaque domaine 	<ul style="list-style-type: none"> • α de Cronbach : 0,68-0,82 	(Skevington et al. 2004)

3 Argumentaire

3.1 Description des comportements des Français : activité physique et sédentarité

3.1.1 Description des pratiques d'activité physique

3.1.1.1 Enfants

3.1.1.1.1 Nourrissons et enfants de moins de 3 ans

Peu d'études se sont intéressées à l'activité physique (AP) des nourrissons et tout-petits (< 2 ans). A ce jour, seule une étude australienne a examiné le *pattern* et le niveau d'AP d'une cohorte de près de 300 enfants âgés de moins de 19 mois (Hnatiuk et al. 2012). L'AP de ces enfants a été mesurée avec un accéléromètre de type ActiGraph et l'AP d'intensité modérée à élevée (APME) a été définie au-delà d'un seuil de 1672 cpm. En moyenne, les enfants de moins de 3 ans passent 48 ± 16 min/j (50 ± 16 min/j et 46 ± 16 min/j pour les garçons et les filles) de leur temps dans une APME. En outre, plus de 90 % des enfants semblent atteindre les recommandations de 60 min/j d'APME. Les enfants de moins de 3 ans pratiquaient davantage entre 16h00 et 17h00 (en moyenne 20 ± 5 min d'AP légère, et $5,4 \pm 2,6$ min d'APME). Ils étaient le moins actifs entre 06 h00 et 08 h00, autour de midi et après 17h00 (Hnatiuk et al. 2012). A ce jour, cet exemple d'approche n'a d'équivalent dans aucun autre pays, y compris la France. Il n'est donc pas possible de vérifier si les jeunes enfants en France atteignent les recommandations pour cette population ; ces « recommandations » existent actuellement en Australie et au Canada (Tremblay et al. 2012). Selon ces auteurs, les tout-petits (âgés de 1 à 2 ans) et les enfants d'âge scolaire (âgés de 3 à 4 ans) devraient cumuler chaque jour, toutes intensités confondues, au moins 180 min d'AP réparties sur toute la journée.

3.1.1.1.2 Enfants de 3 à 10 ans

Deux types principaux d'enquêtes sont considérés dans l'analyse du comportement d'AP et de sédentarité des enfants en France. Il s'agit des grandes enquêtes nationales et des études internationales ayant impliqué une cohorte d'enfants, notamment les données des études « *Health Behaviour in School-aged Children* » (HBSC). Au niveau national, plusieurs enquêtes ont permis d'estimer l'AP des enfants au moyen de questionnaires, notamment l'Etude Individuelle Nationale sur les Consommations Alimentaires 2006-2007 (INCA 2, Afssa 2009) et l'Enquête Nationale Nutrition Santé (ENNS, InVS 2007). En parallèle de ces données déclaratives obtenues par le biais de questionnaires d'AP, nous considérerons différentes études ayant évalué le niveau de pratique de l'AP de jeunes au moyen de méthodes « objectives ».

Ces données pourraient toutefois être modifiées par les nouveaux rythmes scolaires.

3.1.1.1.2.1 Données déclarées

Compte-tenu de la difficulté de recueil des données globales dans cette tranche d'âge, les données relatives à la pratique physique des 3-10 ans sont disponibles par type d'AP (jeux de plein air, AP extrascolaire, moyens de transport).

Des différences de pratiques ont été mises en avant entre les jours avec et sans école. Ainsi, les jours complets d'école, l'étude ENNS a indiqué qu'environ 35 % des enfants de 3 à 10 ans pratiquent quotidiennement une AP de plein air (InVS 2007). Les données de l'enquête INCA 2, recueillies sur 442 enfants représentatifs de la population française, ont indiqué

qu'entre 3 et 10 ans, 47 % des enfants participaient quotidiennement à des jeux de plein air (Afssa 2009). Dans cette tranche d'âge, ils étaient 30 à 39 % à ne jamais pratiquer d'AP de plein air et 23 à 26 % à pratiquer seulement certains jours. Les jours avec peu (c'est-à-dire une demi-journée) ou pas d'école, les enfants de 3 à 10 ans étaient 26 à 34 % à pratiquer des jeux de plein air, ils étaient 13 à 15 % à ne jamais pratiquer et 51 à 61 % à ne pratiquer que certains jours (Afssa 2009, InVS 2007). L'étude ENNS a conclu à l'absence de différence significative en fonction du sexe ou de la tranche d'âge (3-6 ans contre 7-10 ans).

Par ailleurs, 67 % des enfants avaient été impliqués dans un sport en dehors de l'école (ENNS 2007). L'étude INCA 2 a révélé que 22 % des enfants pratiquent au moins deux fois par semaine 26 % pratiquant une fois par semaine (Afssa 2009). De plus, lors du temps de récréation scolaire, une grande majorité d'entre eux (environ 85 %) pratiquent des jeux plutôt actifs. Enfin, 39 à 41 % des enfants de cette tranche d'âge ont utilisé un transport actif (marche, vélo ou trottinette) pour aller et venir de l'école.

Cours d'éducation physique et sportive (EPS)

Dans l'enseignement primaire, il est prévu que les élèves bénéficient de 108 heures d'éducation physique et sportive (EPS) par an (Bulletin Officiel 2008). Cela représente 3 heures hebdomadaires (Gréhaigne and Wallian 2005, Wang et al. 2006). L'étude INCA 2 a mis en évidence que 85 % des enfants de 3 à 10 ans déclaraient suivre des cours d'EPS (Afssa 2009). Cette proportion a été confirmée par l'étude ENNS (InVS 2007) dans laquelle environ 83% des enfants de 3 à 10 ans avaient suivi un cours d'EPS la semaine précédant l'administration du questionnaire.

L'observation de la pratique permet de déterminer l'activité réellement déployée par les élèves pendant les séances d'EPS. Peu de données quantitatives ou qualitatives existent en France. Néanmoins des données nord-américaines indiquaient que les élèves dépassaient rarement 40% du temps de leçon passé en APME dans l'enseignement primaire ou secondaire (Pate et al.2006).

Comparaison de l'activité physique des filles et des garçons

Dans l'enquête INCA 2, les garçons pratiquaient les jeux de plein air à une fréquence égale à celle des filles, respectivement 46 % contre 48 % tous les jours, et 25 % contre 21 % certains jours (Afssa 2009). Cependant, les activités physiques extrascolaires ont été plus fréquentes chez les garçons à cet âge que chez les filles : 25 % d'entre eux y avaient participé au moins 2 fois/sem contre 17,5 % des filles ($p < 0,05$). Néanmoins, 90 % des garçons et 80 % des filles ($p < 0,01$) de cette tranche d'âge s'étaient engagés dans des jeux actifs lors des périodes récréatives à l'école.

Comparaison des 3-6 et des 7-10 ans

Dans l'enquête ENNS, les enfants de 3 à 6 ans avaient tendance à moins pratiquer d'AP de plein air que les enfants plus âgés (InVS 2007). Par exemple 29 % des garçons de 3 à 6 ans pratiquaient des AP de plein air tous les jours d'école contre 41 % des 7-10 ans ; cependant, cette différence n'était pas statistiquement significative. De même, les plus jeunes pratiquaient moins souvent un sport extrascolaire, soit 50 à 56 % d'entre eux, que les 7 -10 ans, soit 80 à 82 % d'entre eux.

DROM-COM (Départements et Régions d'Outre-Mer et Collectivités d'Outre-Mer)

Les enquêtes ENNS et INCA 2 n'ont impliqué que des enfants et adolescents de France métropolitaine (InVS 2007, Afssa 2009). Une seule enquête ayant inclus un échantillon de près de 300 enfants de 6 à 14 ans recrutés en Guadeloupe a révélé que la moitié des enfants était impliquée dans une activité sportive (ORSaG 2010). Par ailleurs, environ 33 % de ces enfants se rendaient le plus souvent à l'école à pied ou à vélo. Au sein de la structure

scolaire, 38 % d'entre eux étaient actifs pendant les récréations et 39 % participaient au moins à deux leçons d'EPS par semaine. Enfin 27 % des enfants en Guadeloupe étaient actifs lors de la pause du midi et seulement 21 % à la sortie de l'école (ORSaG 2010).

Les données nationales INCA et ENNS portent sur des pratiques physiques spécifiques et donnent peu d'indication sur le niveau global d'activité physique des enfants à cet âge.

Cependant, les données obtenues par questionnaire auprès des enfants en France suggèrent une différence de l'AP entre les jours d'école et sans école, mais il demeure une difficulté à comparer les tranches d'âge en ce qui concerne les jeux de plein air. En revanche, la plupart des enfants français (> 80 %) participent aux séances d'EPS sans que l'on soit en mesure d'indiquer le niveau de contribution de ces séances à leur AP globale. De même, la plupart des enfants (> 80 %) sont actifs pendant les périodes de récréation. La seule différence rapportée entre les garçons et les filles concerne les activités extrascolaires.

3.1.1.1.2.2 Données mesurées

Un nombre très limité d'études françaises a utilisé un outil d'investigation « objectif » pour évaluer l'AP des enfants : une étude a utilisé un moniteur de fréquence cardiaque (FC) et deux autres un accéléromètre. Les échantillons d'enfants sont généralement de faible effectif et non représentatifs de la population française. Ces données, recueillies sur des populations d'âge différentes des études déclaratives, ne permettent pas de comparaison avec les résultats précédents.

En Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA), une étude menée en 1996 sur un échantillon de 64 enfants âgés de 7 à 11 ans (30 garçons, 34 filles) a également conclu que les enfants étaient plus actifs lors des jours d'école que les autres jours ; la différence n'était toutefois pas significative chez les filles. Les jours d'école, les filles de 7 à 11 ans passaient entre 49 et 60 minutes quotidiennes dans une AP suscitant une FC > 140 bpm (APME) et entre 16 et 20 minutes dans une AP suscitant une FC > 160 bpm. Les garçons passaient entre 80 et 90 minutes quotidiennes dans une AP suscitant une FC > 140 bpm et 36 à 37 minutes dans une AP suscitant une FC > 160 bpm. Une différence est apparue chez les 9-11 ans, les garçons de 9-11 ans étant plus actifs que les filles pendant les jours d'école ($p < 0,001$). Pendant les jours de classe, le niveau d'AP était similaire entre filles et garçons lors des heures de classe et le soir. Aucune différence significative n'a été observée en fonction de l'âge des enfants (7-9 ans contre 9-11 ans). Les jours sans école, filles et garçons passaient entre 35 et 46 minutes dans une AP suscitant une FC > 140 bpm et entre 10 et 18 minutes à des activités suscitant une FC > 160 bpm, sans différence entre les sexes (Falgairette et al. 1996). Pour les garçons, le niveau d'AP est réduit de moitié comparativement aux jours d'école. Enfin, cette étude a conclu que les enfants ayant une AP sportive extrascolaire avaient une AP spontanée moindre que les autres enfants.

Ainsi, quel que soit l'indicateur de FC utilisé (temps passé à une FC > 140 bpm ou FC \geq 50 % FC_{repos}), la moitié au moins des enfants français des échantillons considérés n'a pu cumuler 60 minutes d'une AP sollicitant de telles FC.

Malgré l'intérêt de ces données, le caractère généralisable des résultats à la population d'enfants d'âge scolaire vivant en France paraît difficile à assurer en raison de la petite taille de l'échantillon d'enfants impliqués dans cette étude.

Deux études françaises impliquant plus d'une centaine d'enfants ont utilisé un accéléromètre comme outil d'investigation. Ces deux études, menées dans le Nord-Pas de Calais, se sont intéressées aux enfants de 3 à 11 ans.

Les mesures d'AP effectuées avec un accéléromètre de type ActiGraph sur un échantillon de 252 enfants (137 garçons et 115 filles) de 8 à 11 ans ont révélé qu'avec un seuil de 1000 cpm la quasi-totalité des enfants cumulaient plus de 60 minutes d'APME par jour. Cette proportion n'atteint plus que 9 % et 5 % avec des seuils de 3200 cpm et 3600 cpm (Apété et al. 2012, Guinhouya et al. 2010). Concernant le temps passé dans ces activités, les enfants passaient en moyenne 142 min/j dans une APME définie avec 1000 cpm contre 32 min/j et 25 min/j avec des seuils de 3200 cpm et 3600 cpm, respectivement (Apété et al. 2012, Guinhouya et al. 2010). Enfin, une étude récente indique que des seuils au-dessus de 3000 cpm devraient être privilégiés chez les enfants de 6-11 ans (Zitouni and Guinhouya 2015), suggérant que moins de 10% des enfants français de cette tranche d'âge réalisent au moins 60 min/jour d'APME.

Une autre étude ayant impliqué 361 enfants et adolescents (168 garçons et 193 filles, âgés de 3 à 16 ans) a défini l'APME par un seuil de 3 METs mesuré par accéléromètre (soit 2170 cpm pour les 3-5 ans et 1944 cpm pour les 6-16 ans) (Blaes et al. 2011). Près de 95 % des garçons et 73 % des filles de la maternelle passaient plus de 60 min/j dans une APME. A l'école primaire, ils étaient 99 % des garçons contre 76 % des filles. Aucune différence n'a été constatée sur le temps passé par les enfants dans les APME, entre la maternelle (78 ± 20 min/j) et l'école primaire (83 ± 23 min/j). Cette étude a souligné que le temps passé dans une APME était plus élevé les jours d'école (78 ± 25 min/j) que les jours sans école (70 ± 30 min/j) ; les différences entre jours ouvrés et fériés ont été constatées à la maternelle mais pas à l'école primaire. Cette étude a conclu que les garçons passaient plus de temps dans les APME que les filles, soit environ 84 ± 25 min/j contre 66 ± 20 min/j ($p < 0,001$) (Blaes et al. 2011).

Quel que soit le seuil utilisé, le temps passé par les garçons dans une APME était plus élevé. Pour une APME définie avec un seuil de 1000 cpm, le temps passé était de 130 minutes quotidiennes pour les filles et 152 minutes pour les garçons. Pour un seuil de 3200 cpm, 24 min/j pour les filles et 40 min/j les garçons. Pour un seuil à 3600 cpm, 18 min/j pour les filles et 32 min/j pour les garçons (Apété et al. 2012, Guinhouya et al. 2010).

Le temps passé dans des AP est nettement plus élevé dans l'étude de Blaes et al. (2001) que pour d'autres auteurs (Apété et al., 2012 ; Guinhouya et al. 2010). Cette disparité s'explique essentiellement par l'utilisation de seuils moins élevés par Blaes et al. (2011) ayant pour conséquence une inflation de la proportion d'enfants engagés dans une APME d'au moins 60 min/j.

En France, une étude a montré que les deux fois 15 minutes de récréation quotidiennes pouvaient compter pour 20% de l'APME mesurée par accélérométrie chez des enfants d'écoles primaires (Guinhouya et al. 2005). Lorsque la pause déjeuner est intégrée, cette proportion s'élève jusqu'à 70% (Guinhouya et al. 2009). Dans cette même étude, les coupures intercoures contribueraient globalement à 30% des recommandations quotidiennes chez les filles et 50% chez les garçons.

Il existe une réelle difficulté à caractériser le niveau d'AP des enfants français sur la base de méthodes très variées (moniteurs de fréquence cardiaque et accéléromètres), ou de méthodes dites déclaratives. Pour une même méthode, la diversité des seuils adoptés par les auteurs rend également l'interprétation complexe. Ainsi, dans le cas le plus optimiste plus de 80 % des enfants (notamment les plus jeunes) seraient suffisamment actifs alors que moins de 5 % le seraient dans le cas le plus pessimiste. Néanmoins, il en ressort une différence de l'AP en fonction du sexe (favorable aux garçons) et une AP plus élevée les jours d'école en comparaison aux jours sans école.

Les données déclaratives donnent des indications utiles sur les aspects contextuels de l'AP des enfants français mais doivent être considérées avec prudence en ce qui concerne les résultats quantifiés. Il importe de favoriser en France des études de grande ampleur utilisant des mesures objectives (accéléromètre ou podomètre), accompagnées de questionnaires pour recueillir les informations du contexte des pratiques réalisées par l'enfant.

Description des pratiques d'activité physique des enfants

Enfants de 0 à 3 ans

- En France, il n'existe aucune étude publiée pour décrire l'activité physique des enfants de moins de 3 ans.

Enfants de 3 à 10 ans

- Dans les études disponibles, l'activité physique des enfants est peu décrite dans sa globalité. Les études françaises présentent surtout une analyse segmentée de l'AP : participation à des AP de plein air, extrascolaires, scolaires ou encore au mode de transport pour aller à l'école.
- Selon les études menées à l'échelle nationale (2007 et 2009) :
 - les jours d'école, les enfants de 3 à 10 ans sont 35 à 47 % à pratiquer tous les jours des jeux de plein air et 30 à 39 % à ne jamais en pratiquer. Les garçons et les filles pratiquent des jeux de plein air à des fréquences identiques ;
 - les pratiques diffèrent selon les jours de la semaine. Les enfants ne sont plus que 26 % à 34 % à pratiquer tous les jours et 13 à 15 % à ne jamais pratiquer de jeux en plein air les jours avec peu ou pas d'école ;
 - à l'école, plus de 80 % des enfants sont décrits comme « plutôt actifs » lors des temps récréatifs et suivent régulièrement les cours d'EPS ;
 - Concernant les activités physiques extrascolaires 26 % pratiquent une fois par semaine et 22 % au moins 2 fois par semaine. Les AP extrascolaires sont plus fréquentes chez les garçons que chez les filles ;
 - 40 % des enfants utilisent un mode de transport actif pour se rendre à l'école.

3.1.1.2 Adolescents

Concernant la description des comportements chez les adolescents, les données de la littérature distinguent les populations des 11-14 ans et des 15-17 ans. Cette distinction est donc reprise dans la partie ci-dessous.

3.1.1.2.1 Données déclarées

3.1.1.2.1.1 Adolescents de 11 à 14 ans

L'enquête *Health Behaviour in School-aged Children* (HBSC) est menée par l'OMS dans plus de 40 pays européens, tous les 4 ans depuis 1982. La dernière enquête HBSC en France, réalisée sur 4 608 élèves français en 2009-2010 de 11, 13 et 15 ans (Inpes 2010), a montré que les adolescents sont proportionnellement moins nombreux que leurs homologues européens et nord-américains à réaliser au moins 60 minutes d'APME par jour (Figure 9).

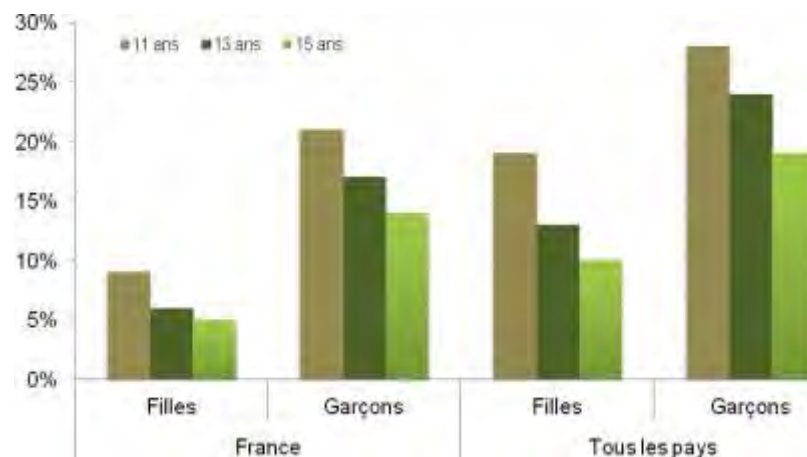


Figure 9. Pourcentages de jeunes qui atteignent le minimum de 60 minutes d'APME par jour (données de l'enquête HBSC 2009-2010).

Selon cette étude, en France, seuls 11,5% des adolescents s'investissaient quotidiennement dans une AP d'intensité modérée d'au moins 60 min (durée estimée suffisante pour entraîner des bénéfices pour la santé). Toutefois, en considérant une pratique de 60 minutes, réalisée au moins 5 ou 6 jours par semaine, ils étaient 31 % à atteindre ce niveau.

Comme chez les plus jeunes, les données ENNS et INCA 2 relevées pour les 11-14 ans ne permettaient pas d'estimer la proportion d'adolescents investis dans une AP jugée suffisante (InVS 2007, Afssa 2009). L'enquête INCA 2 a mis en avant le fait que les 11-14 ans pratiquaient des AP d'intensité élevée environ 2 fois par semaine, pendant au moins 20 minutes, et des AP d'intensité modérée 2,1 fois par semaine, pendant au moins 30 minutes. L'enquête ENNS a relevé que 60 % des adolescents de 11 à 14 ans effectuaient un minimum de 150 minutes par semaine d'AP au moins modérée ; ils étaient 39 % à en faire au moins 210 minutes par semaine. Selon l'étude HBSC, les adolescents français ont déclaré pratiquer une heure d'AP à raison de 3,6 jours par semaine.

Par ailleurs, les données ont mis en évidence le fait que la proportion de jeunes adolescents adoptant un mode de déplacement actif s'avère moins élevée que la proportion des élèves de l'école primaire (Simon et al. 2004, Wagner et al. 2004). L'étude INCA 2 a estimé que près de 69 % d'entre eux se rendaient à l'école avec un engin motorisé, les autres utilisant la marche (27 %), le vélo ou la trottinette (4 %) (Afssa 2009). En Alsace, 44 % d'entre eux

avaient utilisé un mode de transport actif (pied ou vélo) pour aller et venir de l'école (Wagner et al. 2004).

Comparaison de l'activité physique des filles et des garçons

L'enquête HSBC a mis en avant que seules 7 % des adolescentes de 11 à 14 ans réalisaient au moins 60 min d'APME par jour contre 16 % chez les garçons du même âge. Les filles étaient 23 % et les garçons 39 % à atteindre ce niveau 5 ou 6 jours par semaine (Inpes 2010).

L'enquête INCA 2 a mis en avant une différence de fréquence de pratique d'AP à intensité élevée, pendant au moins 20 minutes ($p < 0,001$) entre les filles (1,6 fois/sem) et les garçons (2,5 fois/sem). Cette différence persistait pour l'AP à intensité modérée (1,8 pour les filles et 2,5 pour les garçons ; $p < 0,05$) (Afssa 2009). Cette différence se répercute sur la quantité totale d'AP pratiquée : les garçons étaient 46 % à pratiquer au moins 30 min/jours (soit 210 min/sem) contre 31 % chez les filles. Inversement, les filles étaient plus nombreuses à pratiquer moins de 150 minutes (45 % contre 35 % chez les garçons) et entre 150 et 210 minutes hebdomadaires d'AP modérée (25 % contre 18 % chez les garçons).

En Alsace, dans une enquête transversale impliquant plus de 3000 enfants de 12 ans, Wagner et al. ont rapporté que 74 % des garçons et 58 % des filles déclaraient avoir participé à une AP structurée en dehors de l'école pour une durée moyenne de 2 h/sem (Wagner et al. 2004). En revanche, seulement 33% des garçons et 22% des filles semblent avoir participé au moins 3 fois/sem à une telle AP. Une autre étude, menée auprès de plus de 2500 adolescents du même bassin (Klein-Platat et al. 2005) a montré que 40% des filles et 25% des garçons ne pratiquent aucune AP structurée en dehors de l'école (Klein-Platat et al. 2005). Dans cette étude, les garçons se montraient davantage engagés dans une AP structurée (138 min/sem) que les filles (87 min/sem ; $p < 0,001$) (Klein-Platat et al. 2005).

On peut estimer que moins du tiers des adolescents français s'engage dans une APME jugée suffisante. On observe ainsi, par rapport aux enfants, une baisse de l'utilisation d'un mode de déplacement actif pour se rendre ou revenir du collège. En outre, moins de la moitié des adolescents participe à une AP structurée en dehors de l'école. Enfin, les filles apparaissent moins actives que les garçons quel que soit le type d'AP considérée.

3.1.1.2.1.2 Adolescents de 15 à 17 ans

Chez les 15-17 ans, les enquêtes INCA 2 et ENNS se sont basées sur le questionnaire IPAQ. Ce questionnaire permet de classer le niveau d'AP des individus interrogés en trois catégories : faible, modéré ou élevé. L'enquête ENNS (InVS 2007) a choisi de considérer qu'un niveau d'AP au moins modéré était nécessaire pour entraîner des effets bénéfiques pour la santé, soit au moins 30 min/j d'AP au moins modérée, au moins 5 jours par semaine. L'enquête INCA 2 (Afssa 2009) a considéré qu'un niveau élevé du score de l'IPAQ était nécessaire pour entraîner des effets bénéfiques pour la santé, soit au moins 1 h/j d'APME (environ 12 500 pas par jour). Ainsi, l'enquête ENNS a estimé que 71 % des adolescents de 15 à 17 ans réalisaient une AP entraînant des bénéfices pour la santé contre 43 % pour l'enquête INCA 2, soit moins de la moitié des adolescents français.

Concernant la proportion d'adolescents réalisant au moins 1 heure d'APME quotidienne, l'enquête INCA 2 montre un gradient Nord-Sud (35 % contre 50 %) et Est-Ouest (34 % contre 51 %) (Afssa 2009).

Comparaison de l'activité physique des filles et des garçons

Selon INCA 2, entre 15 et 17 ans, 63 % des adolescents avaient un niveau d'AP jugée suffisante contre 24 % chez les adolescentes ($p < 0,001$). Cette différence a également été relevée dans l'étude ENNS (78 % des garçons contre 65 % des filles) sans être significative. Les garçons étaient plus nombreux à pratiquer une AP d'intensité élevée (42 % contre 19 % des filles). Inversement, l'enquête ENNS a mis en avant que les adolescentes étaient plus nombreuses à pratiquer une AP d'intensité faible à modérée, respectivement 35 et 47 % contre 22 et 37 % chez les garçons.

3.1.1.2.2 Données mesurées

Deux études ont évalué l'AP des adolescents en mesurant leur fréquence cardiaque. Une étude sur un échantillon comportant 64 enfants d'école primaire et 168 adolescents du secondaire a observé que 78 % des collégiens réalisaient plus de 30 min/j d'une APME (i.e. $FC \geq 50 \% FC_{\text{Repos}}$) (Gavarry et al. 2003). En 2003, dans le Loiret, une étude impliquant 65 enfants âgés de 10 à 12 ans a révélé que le temps passé par les enfants dans une APME était également fonction du critère utilisé pour la définir (Melin et al. 2003). En effet, si on se réfère au temps passé avec une $FC > 140$ bpm, les garçons passent en moyenne 42 min/j dans un APME, contre 54 min/j lorsque le critère $FC \geq 50 \% FC_{\text{Repos}}$ est retenu. Les filles y passeraient respectivement 35 min/j contre 44 min/j (Melin et al. 2003).

Deux études ayant utilisé un podomètre comme outil de mesure de l'AP ont impliqué des enfants et adolescents du Nord-Pas de Calais. Dans la première étude, qui a concerné 253 filles et 257 garçons âgés de 8 à 18 ans, il était indiqué que le nombre de pas réalisés par jour était essentiellement fonction de l'âge et du degré de maturité physique des enfants (Romon et al. 2004). Aux âges extrêmes, i.e. 10 ans contre 16 ans (correspondant respectivement à des niveaux de maturité aux stades 1 et 5 de Tanner) (Fig. 2), les enfants avaient réalisé 10509 pas/j contre 8103 pas/j pour les adolescents (Romon et al. 2004). Aucune différence n'a été relevée dans cette étude entre garçons et filles. Plus récemment, la seconde étude (Jacobi et al. 2011) a montré que le nombre de pas réalisés par jour était à la fois fonction du sexe et de l'âge des enfants, avec un gradient défavorable aux filles (une médiane de 8432 pas/j, 8475 pas/j et 6688 pas/j pour les 8-11 ans, 12-15 ans et ≥ 16 ans, respectivement) comparativement aux garçons (une médiane de 11030 pas/j, 9508 pas/j et 7942 pas/j pour les 8-11 ans, 12-15 ans et ≥ 16 ans, respectivement) et aux adolescents comparativement aux enfants prépubères (Jacobi et al. 2011) (Fig. 3). En tout état de cause, ces valeurs sont en deçà des valeurs attendues pour l'âge et le sexe de ces enfants et plus de 50 % de ces enfants ne semblent pas s'engager dans une AP suffisante. Ces résultats montrent également que les garçons sont plus actifs que les filles et les plus jeunes que les adolescents.

Concernant l'utilisation de l'accélérométrie chez les adolescents, les données obtenues dans le Nord-Pas de Calais chez des 3-16 ans, ont suggéré que 60 % des garçons et 31 % des filles du collège réalisaient plus de 60 min/j d'APME (Blaes et al. 2011). Une autre étude récente, réalisée à Tarbes (Midi-Pyrénées), a également évalué l'AP par accélérométrie (Actigraph GT3X). Elle concernait 162 adolescents, dont 100 filles de $14,4 \pm 0,7$ ans (Aibar et al. 2013). Dans cette étude, le temps APME a été défini par le temps passé au-dessus de 2200 cpm. Il est apparu que seuls 17 % des adolescents (26 % des garçons et 11 % des filles) atteignaient les recommandations de 60 minutes d'APME par jour (Aibar et al. 2013). Plus généralement, les adolescents impliqués dans cette étude passaient 43 ± 17 min/j en APME (49 ± 16 min/j chez les garçons et 39 ± 17 min/j chez les filles). Une différence significative entre jour d'école (48 ± 19 min/j d'école) et jour sans école (28 ± 25 min/j sans école, $p < 0,0001$) a été rapportée pour le temps passé en APME, autant chez les garçons (54 ± 19 min/j d'école contre 32 ± 26 min/j férié, $p < 0,01$) que chez les filles (44 ± 19 min/j d'école contre 26 ± 24 min/j férié, $p < 0,01$) (Aibar et al. 2013).

Comparaison de l'activité physique des filles et des garçons

L'étude de Blaes et al. (2011) précédemment décrite, réalisée chez des enfants de 3 à 16 ans, a permis de montrer qu'au collège, 60 % des garçons et 31 % des filles atteignent les recommandations. Aibar et al. (2013) ont estimé que 26 % des garçons et 11 % des filles (âge moyen : $14,4 \pm 0,7$ ans) atteignaient les recommandations de 60 min/j d'APME (seuil à 2200 cpm), le temps passé dans une APME était de 49 ± 16 min/j chez les garçons et 39 ± 17 min/j chez les filles. L'étude de Jacobi et al. (2011) a montré que cette différence liée au sexe est maintenue quel que soit l'âge des adolescents. Comparativement aux garçons, un gradient défavorable pour les filles a été obtenu chez les 8-11 ans, 12-15 ans et ≥ 16 ans (cf. 3.1.2.2., Jacobi et al. 2011).

A l'exception de la différence d'activité entre les garçons et les filles, constante d'une étude à l'autre, la comparaison directe des résultats des études françaises est rendue compliquée par la diversité des techniques utilisées ainsi que des seuils définissant l'APME. Néanmoins, toutes s'accordent sur le fait qu'une large majorité d'adolescents français ne réalise pas le minimum de 60 min/jour d'APME, la pratique d'activité physique semblant plus élevée les jours d'école que les jours sans école.

3.1.1.2.3 Evolution de la pratique au cours de l'adolescence

L'Expertise collective Inserm (2008) révélait déjà que les garçons ont une pratique physique significativement plus élevée que les filles et ce, dès le plus jeune âge. Quantitativement, cette différence entre filles et garçons apparaît dès l'âge de 4 ans et persiste à l'adolescence. Ce constat établi à partir des résultats des travaux publiés entre 2000 et 2006 (Trost et al. 2002 2003, Wilkin et al. 2006) a été confirmé par les études de cohorte les plus récentes incluant des enfants âgés de 3 à 17 ans (Garriguet and Colley 2012, Spittaels et al. 2012, Edwards et al. 2013). Dès l'âge de 5 ans, une diminution de l'AP est observée chez les garçons comme chez les filles (Janz et al. 2005, Basterfield et al. 2011, Edwards et al. 2013).

L'étude HSBC (2010) a également mis en avant cette diminution des pratiques d'AP avec l'âge. En classe de 6^{ème}, une heure d'AP est pratiquée en moyenne 3,8 j/sem. En 3^{ème}, une heure d'AP est pratiquée en moyenne 3,3 j/sem.

A 11 ans, environ 9 % des adolescentes atteignent les recommandations. Ce pourcentage chute à 5 % à 15 ans. Cette diminution du pourcentage d'adolescents qui atteignent les recommandations en matière d'AP est confirmée par d'autres études, avec par exemple une réduction comprise entre 21 et 14 % entre 11 et 15 ans (Inpes 2010). De même, entre 10 et 16 ans, chez des adolescents (maturité Tanner 1 et Tanner 5), le nombre quotidien de pas effectués quotidiennement baisse de 10 509 à 8 103 (Figure 10) (Romon et al. 2004).

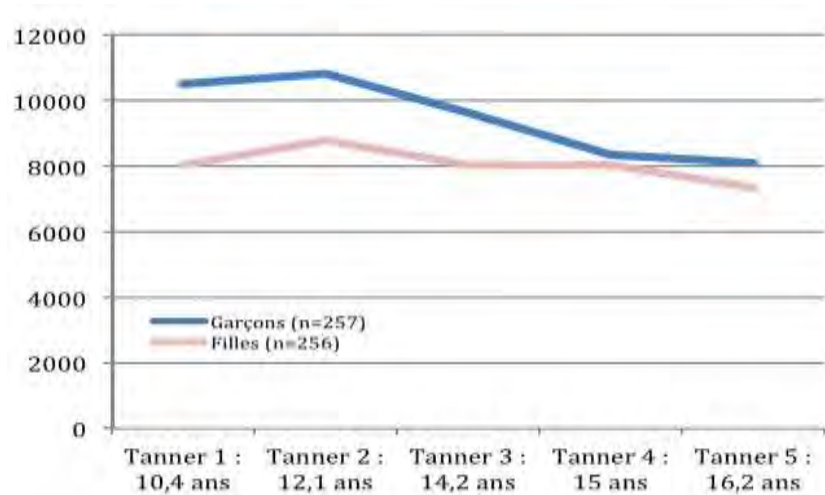


Figure 10. Moyenne géométrique des pas réalisés par jour par des enfants et adolescents du Nord-Pas de Calais (d'après Romon et al. 2004).

Enfin, Jacobi et al. (2011) ont montré que le nombre de pas réalisés par jour était à la fois fonction du sexe et de l'âge des enfants, avec un gradient défavorable aux filles et aux adolescents (cf. 4.1.2.2.) comparés aux enfants prépubères (Jacobi et al. 2011) (Figure 11).

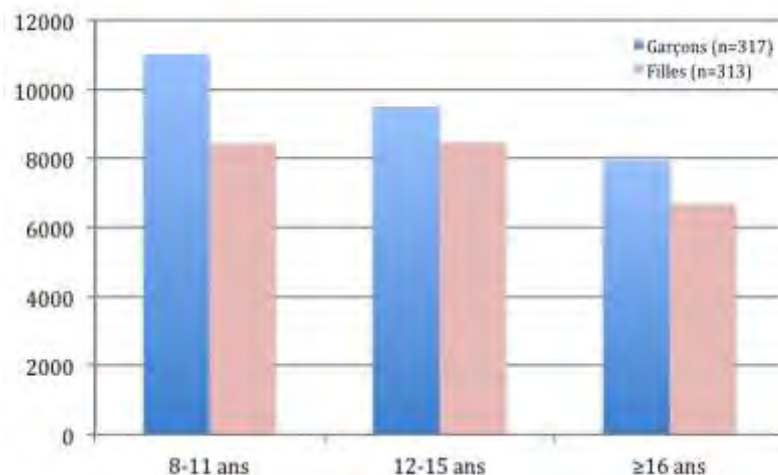


Figure 11. Médiane des pas réalisés par jour par des enfants et adolescents du Nord-Pas de Calais (d'après Jacobi et al. 2011).

Ces résultats ont été confirmés par l'étude de Blaes et al. (2011) qui a conclu à une diminution de 28 % du temps passé dans les APME, en comparant la maternelle et l'école primaire au collège ($p < 0,05$).

Enfin, concernant la distribution de l'AP dans les différents contextes de vie des jeunes en âge d'accéder à l'enseignement secondaire, les questionnaires complétés par des élèves de collèges et de lycées français (2010) ont mis en évidence que l'AP réalisée dans le cadre scolaire passait de 4 à 2 h/sem du début à la fin de l'enseignement secondaire alors que le volume total d'AP diminuait parallèlement de 9 à 6 heures hebdomadaires.

Il existe une tentation réelle de comparer les résultats obtenus avec ces différents moyens d'investigation. Le questionnaire évalue le comportement d'AP sur la base de la perception

alors que le moniteur de FC n'est qu'un reflet du retentissement cardiaque du mouvement dû au comportement d'AP. Le podomètre et l'accéléromètre permettent de caractériser certains paramètres du mouvement réalisé (nombre de pas, accélération). Il est par conséquent très difficile de tirer des enseignements précis de ce tableau très général de l'AP des enfants et adolescents français à partir de trois séries de variables aux significations différentes. **Les seuls constats reproductibles sont le fait que l'AP diminue avec l'âge et qu'il existe un dimorphisme sexuel favorable aux garçons.**

3.1.1.2.4 Pratique en milieu scolaire

Education physique et sportive

Au collège, le nombre d'heures hebdomadaire d'éducation physique et sportive (EPS) varie selon le cycle concerné. En sixième (cycle d'adaptation), la grille horaire compte 4 heures d'EPS par semaine (Bulletin Officiel 2002a). En cinquième et quatrième (cycle central), les élèves ont 3 heures d'EPS hebdomadaires dans le cadre des enseignements communs et une quatrième possible avec les itinéraires de découverte (Bulletin Officiel 2002b). L'horaire de la troisième (cycle d'orientation) prévoit 3 heures chaque semaine (Bulletin Officiel 2004).

Au début du secondaire, la proportion d'élèves engagés dans des cours d'EPS atteignait 97 % chez les enfants alsaciens (Wagner et al. 2004). De manière similaire, 91 % des adolescents de 11 à 14 ans interrogés dans l'étude INCA 2 déclaraient avoir eu au moins un cours d'EPS dans la semaine précédant le questionnaire ; plus précisément, ils étaient 24 % à y avoir participé une fois seulement, 58 % deux fois et 9 % trois fois dans la semaine précédente.

Pour 64 % de ces élèves, la séance durait entre 31 minutes et 1 h 30. Elle était de moins de 30 min pour 9 % et de plus d'1 h 30 pour 27 % des jeunes interrogés.

Concernant la pratique effective en cours d'EPS, aucune différence significative n'a été relevée en fonction du sexe (Afssa 2009). Une des rares études réalisées en France sur l'estimation de la proportion d'une séance type d'EPS passée en activité motrice par les élèves mentionne une moyenne de 18 % du temps de la leçon dans des classes de collège (Cazorla 2008).

Au lycée, les élèves de seconde suivent 2 heures d'EPS obligatoires, dans la formation commune, et peuvent choisir d'y ajouter 1 h 30 en tant qu'enseignement d'exploration. En première et en terminale, outre les 2 heures hebdomadaires obligatoires, les élèves peuvent choisir d'intégrer jusqu'à 3 heures d'EPS facultatives (Ministère de l'Education Nationale 2012). Des variations sont par ailleurs liées à la finalité des études secondaires (orientation générale, technologique ou professionnelle, spécialisation en EPS). En raison du questionnaire utilisé chez les 15-17 ans, les études INCA 2 et ENNS n'apportent pas d'information sur la participation aux cours d'EPS.

EPS et dispenses

Un certain nombre d'élèves présente des dispenses pour les cours d'EPS, ponctuellement ou de façon plus permanente. Thibaut et al. (2010) signalent ainsi que les filles sont plus fréquemment concernées par ce phénomène que les garçons (2,4 % contre 0,8 %). Selon les données collectées par Gambert et Bonneau (2010), 45 % des enseignants d'EPS estiment que le taux annuel des dispenses dépasse 5 % des élèves, ce taux croissant parallèlement à la proportion de filles dans la classe. La situation peut être plus inquiétante si l'on considère les inaptitudes d'une durée minimale de trois mois. En effet, dans une enquête ciblant une cité scolaire de Lorraine, classée en zone sensible, Galparoli et Laure (1999) ont relevé une proportion de 3,6 % d'élèves concernés par ce type de dispense. Ces derniers étaient caractérisés par un retard scolaire (1 à 3 ans) plus marqué que chez leurs

condisciples qui participent au cours d'EPS et que 0,3 % des élèves sont déclarés inaptes mais font régulièrement une AP en dehors de l'école. Dans la même étude, le taux d'absence relevé ponctuellement renforce l'idée selon laquelle l'effet de l'EPS sur la santé des jeunes pourrait être minoré en raison de la non-participation d'un nombre non négligeable d'élèves aux séances programmées. En effet, lors de l'enquête mentionnée ci-dessus, 93 des 786 élèves (11,8 %) qui auraient dû avoir cours d'EPS étaient absents. Ils se répartissaient de la manière suivante : 35 au collège (7,7 %), 36 au lycée (13,5 %) et 22 au lycée professionnel (35,0 %) ($p < 0,001$).

Au niveau de l'enseignement secondaire, aucune donnée française décrivant les activités récréatives ou l'AP proposée dans le cadre des cours d'EPS n'est disponible.

On peut noter qu'une forte proportion d'adolescents français (environ 90 %) participe aux séances d'EPS bien que cette proportion chute assez rapidement à mesure que ces séances deviennent fréquentes. Le recours aux dispenses et les absences sans justification participent à expliquer la non-participation de certains adolescents aux séances d'EPS dont l'évaluation du contenu et de l'impact sur la santé reste à faire en France.

Des études devraient être entreprises afin de mieux appréhender l'impact de l'école sur l'activité physique quotidienne des enfants et des adolescents. Les données existantes tendent en effet à démontrer que ce contexte de vie peut contribuer de manière déterminante à l'atteinte des seuils recommandés. Toutefois, le cours d'EPS ne peut pas suffire à lui seul et doit s'intégrer dans un projet plus général.

Description des pratiques d'activité physique des adolescents

Malgré une comparaison rendue difficile par l'hétérogénéité des questionnaires utilisés, il semblerait que la pratique d'activité physique diminue au cours de l'adolescence.

Adolescents de 11 à 14 ans

- En France, les 11-14 ans sont proportionnellement moins nombreux que des jeunes d'autres pays à un même niveau économique à réaliser 60 minutes d'activité physique d'intensité modérée à élevée (APME) quotidiennes.
- Environ 12 % des 11-14 ans pratiquent au moins 60 min d'APME par jour alors que 30% des 11-14 ans le font 5 ou 6 fois par semaine.
- Les filles pratiquent moins d'activité physique d'intensité élevée ou modérée que les garçons. Elles sont également deux fois moins nombreuses que les garçons à réaliser les 60 minutes d'AP quotidiennes (7 % contre 16 %).

Adolescents de 15 à 17 ans

- Environ 43 % des adolescents pratiquent au moins 30 min d'APME par jour. Les données ne permettent pas de connaître la proportion d'adolescents de 15 à 17 ans pratiquant 60 minutes d'APME par jour, soit les recommandations françaises actuelles.
- Comme chez les plus jeunes, les adolescentes sont moins nombreuses à réaliser 30 minutes quotidiennes d'APME par rapport aux garçons du même âge.
- A tout âge, environ 90 % des adolescents participent régulièrement aux cours d'EPS.

3.1.1.3 Adultes

Dès 1967, des données sur la pratique d'AP ont été recueillies chez les adultes (Le Roux, 1970) et nous disposons de plusieurs sources de données issues d'enquêtes ou d'études menées en population générale en France. Le rapport de l'Expertise collective Inserm (2008) a permis de faire le point des connaissances sur la pratique de l'AP jusqu'en 2005 (Inserm 2008).

3.1.1.3.1 Expertise collective Inserm (2008)

Les données présentées dans ce rapport sont extraites d'une enquête réalisée par les Ministères de la Jeunesse et des Sports et de la Culture en 2000. Selon cette enquête, 83 % de la population française entre 15 et 75 ans déclaraient avoir pratiqué au moins 1 fois dans l'année une AP de loisirs (chasse, promenade, etc.) ou sportive. Pour 23 % de la population de la tranche d'âge étudiée, la pratique sportive n'excédait pas une séance hebdomadaire, alors que 32 % pratiquaient une activité sportive plusieurs fois par semaine. Parmi les activités sportives les plus pratiquées, la marche, la natation et le vélo ont été rapportées avec près de 10 millions de pratiquants pour chacune de ces activités. Plus de 10 millions de Français pratiquaient un sport collectif (football, rugby, handball, etc.). Dans ce rapport, les auteurs insistent sur le nombre croissant de licenciés sportifs, la recherche d'un certain bien-être par la pratique sportive, ainsi qu'un lien plus étroit avec la nature (distance prise avec les sports nécessitant des installations lourdes).

Des inégalités de participation à des activités physiques et sportives ont été identifiées ; elles dépendaient notamment du sexe (les femmes participaient moins que les hommes, 79 % contre 88 %), du niveau d'études, du revenu, du niveau socio-économique. Être un homme jeune, avoir un revenu conséquent, posséder un diplôme et appartenir aux professions libérales ou aux professions intermédiaires allaient de pair avec une participation plus forte aux activités physiques et sportives.

Concernant la pratique d'AP quotidienne dans différents contextes (transports, travail, domestique et loisirs), l'Expertise collective s'est appuyée sur l'Étude nationale nutrition santé (ENNS 2006). Cette étude a mesuré l'AP à partir de données déclaratives recueillies par questionnaires (IPAQ), à partir d'un échantillon national de 3 115 adultes (18-74 ans) vivant en France métropolitaine en 2006. Les deux tiers des adultes (63 %) pratiquaient l'équivalent d'un minimum de 30 min par jour d'AP modérée au moins 5 jours par semaine, avec une proportion comparable chez les hommes et chez les femmes.

3.1.1.3.2 Données récentes

Malgré le peu d'études scientifiques publiées sur la prévalence de l'AP de la population adulte française, plusieurs enquêtes nationales permettent d'apprécier le niveau de pratique et de les décrire. Cependant, les questionnaires utilisés dans les enquêtes ne sont pas toujours les mêmes et, à ce jour, il n'existe pas de données disponibles d'enquêtes associant mesure déclarative et mesure objective.

3.1.1.3.2.1 L'enquête Baromètre Santé Nutrition (INPES 2008)

Cette enquête réalisée à l'initiative de l'INPES a été la 3^{ème} vague d'une série d'enquêtes abordant les différents comportements et attitudes de santé. Elle a été menée sur plus de 3 800 personnes âgées de 12 à 75 ans en utilisant le questionnaire Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ) développé par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) pour la surveillance de l'AP (Bull et al. 2009). Ce questionnaire permet d'évaluer l'AP et le comportement sédentaire au cours d'une semaine type (fréquence, durée et intensité des AP) et le comportement sédentaire. Cette enquête a permis de montrer que moins de la moitié de la population française âgée de 15-75 ans (43 %) atteignait un niveau d'AP jugée suffisante, qualifiée d'élevée selon le GPAQ (AP d'intensité élevée au moins 3 j/semaine

entraînant une dépense énergétique de 1500 METs-min/semaine, ou une APME pendant 7 jours, jusqu'à 3000 METs-min/semaine). Les femmes étaient moins nombreuses à atteindre ce niveau que les hommes (34 % contre 52 %). Pour 24 % de la population interrogée, le niveau d'AP se situait dans le niveau modéré et pour 33% dans le niveau faible, et donc inférieurs au niveau d'AP favorable pour la santé (Vuillemin et al. 2008). Lorsqu'on s'intéresse aux domaines de pratique de l'AP, 58 % des personnes interrogées déclaraient avoir une AP au travail, 56 % pour les déplacements et 51% une AP de loisir. Pour les personnes atteignant le niveau d'AP jugé suffisant, le temps d'AP totale était principalement lié à l'AP au travail (65 %).

3.1.1.3.2.2 L'étude Individuelle nationale des consommations alimentaires 2 (INCA 2) (Afssa 2009)

Dans cette enquête, où l'AP a été évaluée par l'International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) (2005), 45 % de la population adulte a déclaré une AP permettant d'obtenir des bénéfices pour la santé, soit au moins 1 h d'APME quotidienne (niveau élevé du questionnaire IPAQ) (Sjostrom et al.2006). Ce chiffre est proche de ceux observés dans les baromètres santé 2005 (46 %) et 2008 (43 %), qui ont respectivement utilisé le questionnaire IPAQ et GPAQ. Au cours de l'étude nationale nutrition santé de 2006 (ENNS, InVS) qui a également utilisé le questionnaire IPAQ, les auteurs ont considéré que le niveau modéré de la classe d'AP (au moins 30 min/j d'AP au moins modérée, au moins 5 jours par semaine) était suffisant pour induire des effets favorables pour la santé. Ainsi, dans cette enquête, 37% des sujets étaient classés dans le niveau d'AP « bas », 37 % dans le niveau « modéré » et 27 % dans le niveau « élevé ». Sur cette base de catégorisation, 64 % de la population étudiée atteint le niveau d'AP jugé suffisant. Le tableau 15 synthétise les résultats des études citées.

Tableau 15. Pourcentages de pratiquants dans les différentes enquêtes nationales, en fonction des niveaux d'activité physique considérés

Niveau d'AP	Baromètre Santé	INCA 2	ENNS
Relevé des données	2008	2006-2007	2006
Age	12-75 (pour l'AP)	18-79 ans	18-74 ans
Personnes interrogées	3 847	12 461	3 115
Faible	33,1 %	24,7 %	36,8 %
Modéré	24,4 %	30,1 %*	36,7 %
Elevé	42,5 %	44,8 %	26,5 %
Questionnaire utilisé	GPAQ	IPAQ	IPAQ

* Résultat obtenu par calcul

3.1.1.3.2.3 L'enquête sur les pratiques physiques et sportives (EPPS 2010)

Cette enquête commanditée par le Centre National pour le Développement du Sport (CNDS) et le Ministère en charge des sports a été menée sur un échantillon représentatif de 8 510 personnes âgées de 15 ans et plus, résidant en France métropolitaine ou dans les départements d'Outre-mer (EPPS 2010). Cette enquête téléphonique a montré que 65% des personnes interrogées ont pratiqué une AP ou sportive au moins une fois par semaine au cours des 12 mois précédents. Parmi celles-ci, celles qui pratiquaient plus d'une fois par semaine représentaient 43 % de la population de référence. Seules 8 % participaient à des compétitions sportives. Celles qui pratiquaient régulièrement, mais modérément, à raison d'une fois par semaine, constituaient 22 % de l'ensemble. Enfin, 12 % des personnes interrogées ne pratiquaient que la marche, de loisir (balades) ou pour les déplacements, et 3 % n'avaient qu'une AP à des fins utilitaires (vélo). Les lieux de pratique cités par l'ensemble des personnes interrogées étaient majoritairement des lieux de nature (forêt, bois, mer, lac, montagne et campagne). Ce constat était plus marqué encore pour les AP pratiquées pendant les vacances.

Les données obtenues ont bien confirmé que la pratique d'une AP ou sportive dépend du profil social (sexe, âge, revenu, diplôme, catégorie socioprofessionnelle). Les hommes étaient plus nombreux que les femmes à déclarer une AP ou sportive quelle que soit la fréquence de pratique (91 % contre 87 %). La pratique encadrée était plus fréquente chez les femmes (32 %) que chez les hommes (24 %), mais la différence s'inversait pour la pratique en compétition (26 % des hommes contre 10 % chez les femmes). En moyenne, les hommes pratiquaient de façon plus intensive : 46 % d'entre eux avaient une AP et sportive plus d'une fois par semaine, tandis que cette proportion était de 40 % chez les femmes. La proportion de personnes qui déclarait une pratique diminuait avec l'âge. Cependant, les jeunes de 15 à 29 ans et les personnes âgées de 50 ans et plus étaient proportionnellement plus nombreux à déclarer une pratique intensive, plus d'une fois par semaine (respectivement 46 % et 44 %), que les sujets de 30 à 49 ans (39 %). Les cadres et les sujets exerçant une profession intermédiaire, les personnes ayant le bac ou plus et les personnes aux revenus les plus élevés avaient des taux de pratique plus élevés que ceux des personnes à revenus plus faibles. Ils étaient également plus nombreux à pratiquer une activité encadrée et à participer à des compétitions. Quatre AP étaient majoritairement pratiquées : la marche, la natation, le vélo et la course à pied. Les principales motivations de pratique étaient le loisir, la détente et l'entretien physique. La marche de loisir concernait la moitié des personnes interrogées tandis que la marche utilitaire, souvent pratiquée assidument, concernait un quart des personnes interrogées. C'était de loin l'AP la plus souvent déclarée. On notait aussi un engouement pour la course à pied, avec 16 % de personnes qui mentionnaient cette activité.

3.1.1.3.2.4 L'enquête nationale transports et déplacements (INSEE 2008)

Afin de mieux connaître les modalités de déplacements des ménages résidant en France, des enquêtes nationales sur les transports et déplacements (ENTD) ont été organisées en 1994, 1982 et 2008 (Tregouët 2010).

Basée sur l'analyse d'un questionnaire spécifique proposé à 20 200 ménages, cette enquête a évalué les déplacements et l'usage des moyens de transport tant collectifs qu'individuels. Elle décrit tous les déplacements, quels que soient leur motif, longueur, durée, mode de transport utilisé, période de l'année ou moment de la journée. En 2008, la fréquence des déplacements à pied était de 0,70 déplacement par jour et par personne en semaine, de 0,54 le samedi et de 0,44 le dimanche. La mobilité à vélo était de 0,08 déplacement par jour et par personne en semaine et le samedi, et de 0,07 le dimanche. Après une très forte baisse de 1982 à 1994, la part des modes de déplacement actifs semblait s'être stabilisée malgré une légère diminution.

En semaine, la marche à pied représentait 22 % des déplacements de proximité. Cette proportion baissait légèrement par rapport à 1994. Avec 2,7 % des déplacements, le recours au vélo était relativement stable par rapport à 1994. Si les déplacements à vélo ne concernaient que 2,7 % des déplacements totaux, 40 % des personnes de 6 ans ou plus déclaraient se déplacer à vélo occasionnellement ou régulièrement en 2008. Parmi les personnes effectuant deux déplacements à vélo par jour, deux sur trois faisaient du sport au moins une fois par semaine. Par ailleurs, 42 % des personnes interrogées déclaraient faire du sport au moins une fois par semaine. Enfin, 59 % des personnes de 6 ans et plus déclaraient marcher plus d'une demi-heure par jour en moyenne, ce qui correspond au niveau d'AP jugé suffisant.

La marche à pied comme le vélo était délaissée pour les déplacements liés au travail, les distances à parcourir étant plus longues. Le facteur temps restait un critère majeur pour le choix du mode de transport. Ces activités étaient aussi un moyen de faire du sport, de se promener ou encore de se rendre sur un lieu de pratique sportive (54 %). Mais ils étaient également pratiqués pour se rendre sur les lieux d'études (36 %). Du fait des fortes contraintes de circulation et de stationnement des voitures, grâce à des aménagements piétons et cyclables de meilleure qualité les modes de déplacement actifs (marche et vélo) s'avéraient davantage pratiqués dans les villes et les centres des grandes agglomérations. Ils étaient au contraire délaissés dans le périurbain ; l'habitat collectif favorisait par exemple la pratique de la marche à pied (36 % des déplacements contre 14 % en habitat individuel).

Après la forte baisse de la marche à pied et de l'usage du vélo observée entre 1982 et 1994, la dernière décennie marque ainsi une inflexion de cette tendance avec stabilisation des déplacements actifs. Les enjeux environnementaux et économiques, la congestion routière, la mise en place de politiques de déplacements volontaristes (telle la mise en place de système de vélos en libre-service) permettent de rendre compte de cette évolution.

3.1.1.3.2.5 Eurobaromètre (2014)

L'Union européenne (UE), par des actions spécifiques adoptées par la Commission européenne en mars 2014 a décidé de mettre en œuvre une politique volontariste de promotion de l'AP pour la santé (*Special Eurobarometer 412, Sport and physical activity report*, European Commission). Les enquêtes Eurobaromètre « Sport et AP » ont pour objectif de faire un état des lieux régulier de la pratique de l'AP dans tous les pays de l'UE et de fournir aux Etats membres des données de pratique permettant d'orienter les décisions nationales de promotion de l'AP.

Cette enquête fait suite à celles de 2002 et 2009. Elle a été réalisée par entretiens dans tous les pays de l'UE, de novembre à décembre 2012, sur 28 000 personnes environ, représentatives des populations des Etats membres.

La majorité des personnes interrogées ne pratiquait pas de sport, ne faisait pas d'exercice physique ou seulement rarement (59 %). En 2013, 42 % des Français ont répondu ne jamais pratiquer d'exercice ou de sport, en augmentation de 8 % par rapport à 2009 ; 15 % ont déclaré n'en pratiquer que rarement. De même 29 % d'entre eux déclaraient n'avoir aucune autre AP de loisirs (jardinage, danse, etc.) et 20 % que très rarement. La pratique d'AP d'intensité élevée (entre 6 et 9 METs) restait peu élevée puisque ce sont 57 % des Français en moyenne qui répondaient n'en n'avoir pas pratiqué durant la semaine précédant l'entretien. Seulement 16 % des personnes interrogées déclaraient avoir pratiqué une activité d'intensité élevée au moins 4 jours dans la semaine précédente. Pour 56 % des personnes qui pratiquaient régulièrement des activités d'intensité élevée dans la semaine précédente, celles-ci avaient duré plus de 60 minutes (contre 45 % en moyenne pour les Européens). Par ailleurs 46 % des Français n'avait eu aucune activité de loisirs ou sportive d'intensité modérée dans la semaine précédente (port de charges modérées, vélo à allure normale, activités sportives d'intensité peu élevée). La pratique de la marche était dans la moyenne européenne et 59 % des Français déclaraient avoir marché au moins 10 minutes pendant 4

à 7 jours dans la semaine qui précédait. La marche à pied semblait être plus pratiquée dans les pays de l'UE, comparativement à 2002.

Les Français qui pratiquaient une activité sportive ou des exercices physiques le faisaient à l'extérieur, dans des parcs (42 %), à leur domicile (27 %), dans des clubs sportifs (17 %), à l'occasion de leurs déplacements (16 %) et, beaucoup plus rarement, dans des salles spécialisées (5 %). Un certain nombre de facteurs socio-économiques étaient associés à la pratique de l'AP dans les Etats membres de l'UE, ce qui confirme les données d'enquêtes françaises. C'est ainsi que les hommes pratiquaient plus que les femmes, surtout dans la tranche d'âge 15-24 ans (74 % contre 55 %), et que la pratique moyenne d'AP diminuait avec l'âge. Le niveau d'instruction était aussi associé à la pratique de l'AP, 68 % des sujets quittant le système éducatif à l'âge de 15 ans au plus tard ne pratiquaient aucune AP ou sportive, alors que cette proportion n'atteignait que 27 % chez les sujets qui entraient dans la vie professionnelle après 20 ans. De même, ce sont 59 à 45 % des sujets ayant des emplois à responsabilités, de direction ou entrepreneurs qui pratiquaient régulièrement l'AP et sportive, alors que 63 % des personnes au chômage et 72 % des retraités ne pratiquaient aucune activité sportive ou exercice physique.

Les Français qui pratiquaient une activité sportive ou des exercices physiques le faisaient à l'extérieur, dans des parcs (42 %), à leur domicile (27 %), dans des clubs sportifs (17 %), à l'occasion de leurs déplacements (16 %) et, beaucoup plus rarement, dans des salles spécialisées (5 %). Un certain nombre de facteurs socio-économiques étaient associés à la pratique de l'AP dans les Etats membres de l'UE, ce qui confirme les données d'enquêtes françaises. C'est ainsi que les hommes pratiquaient plus que les femmes, surtout dans la tranche d'âge 15-24 ans (74 % contre 55 %), et que la pratique moyenne d'AP diminuait avec l'âge. Le niveau d'instruction était aussi associé à la pratique de l'AP, 68 % des sujets quittant le système éducatif à l'âge de 15 ans au plus tard ne pratiquaient aucune AP ou sportive, alors que cette proportion n'atteignait que 27 % chez les sujets qui entraient dans la vie professionnelle après 20 ans. De même, ce sont 59 à 45 % des sujets ayant des emplois à responsabilités, de direction ou entrepreneurs qui pratiquaient régulièrement l'AP et sportive, alors que 63 % des personnes au chômage et 72 % des retraités ne pratiquaient aucune activité sportive ou exercice physique.

Description des pratiques d'activité physique des adultes

- Les méthodes actuelles d'évaluation de l'AP fournissent les estimations des durées passées à pratiquer des AP d'intensité faible, modérée ou élevée mais ne permettent pas de déterminer les caractéristiques des activités physique pratiquées (cardio-respiratoire, renforcement musculaire, souplesse ou équilibre). Elles rendent difficile la description détaillée de l'activité physique pratiquée par les adultes.
- Selon les études nationales (2007 à 2010) 25 à 37 % de la population a un niveau d'AP faible ; 24 à 37 % a un niveau d'AP modéré, soit 30 min d'AP quotidienne, au moins 5 fois par semaine ; 27 à 45 % a un niveau d'AP élevé, soit au moins une heure quotidienne d'AP d'intensité modérée à élevée.
- L'enquête Eurobaromètre 2014 montre une augmentation de 8 %, par rapport à 2009, de la part des Français qui ne pratiquent aucune activité sportive ou ne font aucun exercice physique.
- Quelle que soit la fréquence de la pratique, les hommes sont plus nombreux que les femmes à déclarer une activité physique ou sportive, particulièrement chez les jeunes adultes.
- Une pratique encadrée est beaucoup plus fréquente chez les femmes alors qu'une pratique en compétition l'est nettement plus chez les hommes.

- Les cadres et professions intermédiaires, les personnes titulaires du baccalauréat ou plus, et les personnes aux revenus les plus élevés présentent des taux de pratique plus élevés que celles à revenus plus faibles. Elles sont également plus nombreuses à pratiquer une activité encadrée et à participer à des compétitions.
- Les retraités et les personnes sans emploi ont de plus faibles niveaux d'AP que les personnes en activité.
- Les modes de déplacement actifs (marche et vélo) sont davantage utilisés dans les villes et le centre de grandes agglomérations que dans le contexte périurbain où ces modes de déplacement sont délaissés.
- Concernant les transports actifs, la pratique de la marche et l'usage du vélo semblent se stabiliser après une forte baisse observée entre 1982 et 1994.

3.1.1.4 Femmes en période de grossesse et de post-partum

Dans l'expertise collective Inserm (2008), l'AP pendant la grossesse a principalement été abordée sous l'angle de ses relations avec différents indicateurs de santé (Inserm 2008). La description des caractéristiques de l'AP a été peu détaillée. Cela se justifie par le manque d'études françaises sur cette thématique à cette époque. Actuellement, en raison d'une meilleure perception des bénéfices pour la santé de la pratique régulière d'une AP pendant la grossesse, et sous une impulsion anglo-saxonne et scandinave, l'étude des caractéristiques de l'AP chez la femme enceinte se développe progressivement.

3.1.1.4.1 Données françaises

Les données françaises concernant l'AP des femmes en période de grossesse restent quasiment inexistantes. En effet, une seule enquête conduite dans trois maternités de la région de Grenoble a été réalisée, impliquant 229 femmes en période de grossesse. Cette étude a montré que 26,2 % d'entre elles pratiquaient une activité sportive pendant la grossesse (Jacquemet 2012). La limite entre AP et activité sportive semblait toutefois confuse et le questionnaire utilisé pour évaluer l'AP ou sportive ne semble pas avoir été validé. Néanmoins, cette étude, pionnière en France, apporte des éléments d'éclairage sur les pratiques au cours de la grossesse. Ainsi, la marche a été l'activité la plus pratiquée (64% au 1^{er} trimestre puis 67 % des femmes au-delà), suivie de la natation (24 % au 1^{er} trimestre puis 32 % au-delà) et de la randonnée en montagne (19 % des femmes). Certaines spécificités de la région grenobloise peuvent expliquer cette répartition, notamment par rapport à l'implication des femmes dans des randonnées en montagne. Dans cette même étude, il est apparu que 34 % des femmes ne pratiquaient aucune AP ou sportive pendant leur grossesse. Parmi les femmes pratiquant une AP ou sportive pendant la grossesse, seules 3 % ont déclaré le faire sur conseil médical (Jacquemet 2012). Ce résultat suggère la nécessité d'un appui plus conséquent de la part des professionnels de santé impliqués dans la prise en charge de la femme en période de grossesse.

Les résultats de cette enquête française peuvent être comparés avec des observations relevées dans des pays voisins, même si les études ayant suivi les femmes pendant la grossesse et durant la période du post-partum, restent plutôt rares en Europe.

3.1.1.4.2 Données étrangères

Deux études européennes, l'une menée en Suède (Gradmark et al. 2011) et l'autre en Suisse (Löf 2011), ont proposé une comparaison entre groupes de femmes enceintes et non enceintes, ayant en commun un nombre élevé de caractéristiques socio-démographiques et anthropométriques. Les résultats convergent pour indiquer que la dépense énergétique liée

à l'AP ou le niveau d'AP était plus faible chez les femmes enceintes comparées aux femmes non enceintes (Gradmark et al. 2011, Lof 2011).

Au Portugal, une étude récente, menée sur 82 femmes, a permis d'évaluer l'AP des femmes en période de grossesse au moyen d'un accéléromètre aux 1^{er} et 2^{ème} trimestres. Comme pour les données françaises, cette étude a révélé que le tiers des femmes en période de grossesse a pu réaliser une AP d'intensité modérée pendant une durée de 30 minutes, au moins 5 fois par semaine (Santos et al. 2014). Aucune variation significative n'a été observée entre le premier et le second trimestre. En outre, selon les définitions considérées de l'inactivité, entre 27 et 94 % des femmes incluses dans cette étude pouvaient être considérées comme physiquement inactives. Une faiblesse de cette étude réside dans la relative petite taille de l'échantillon considéré (82 femmes évaluées aux deux périodes). Le fait que cette étude ait été conduite dans une seule maternité limite également la portée des résultats.

Une étude suisse ayant impliqué 27 femmes a montré que l'énergie dépensée dans les activités physiques ne différait pas significativement entre la période de grossesse (2918 ± 1150 kJ) et le *post-partum* (3348 ± 1977 kJ ; $p = 0,16$) (Melzer et al. 2009). En revanche, lorsque la dépense énergétique liée à l'AP est rapportée à la masse corporelle, elle devient significativement plus élevée pendant le *post-partum* en comparaison à la période gravide (52 ± 21 kJ/kg pc contre 39 ± 13 kJ/kg pc, $p = 0,001$). Le niveau d'AP ($1,70 \pm 0,26$ contre $1,54 \pm 0,13$, $p = 0,002$) et la quantité de mouvement ($52,6 \pm 35,5$ cpm contre $21,4 \pm 10,0$ cpm, $p < 0,0001$) sont également plus élevés dans la période *post-partum* (Melzer et al. 2009). Aux Etats-Unis, une étude analogue ayant permis de suivre plus 450 femmes a montré une baisse du score d'AP des femmes en période de grossesse du 2^{ème} au 3^{ème} trimestre, suivie d'un rebond à 3 mois post-partum, et une légère augmentation ensuite jusqu'au 12^{ème} mois post-partum (Figure 12) (Borodulin et al. 2009).

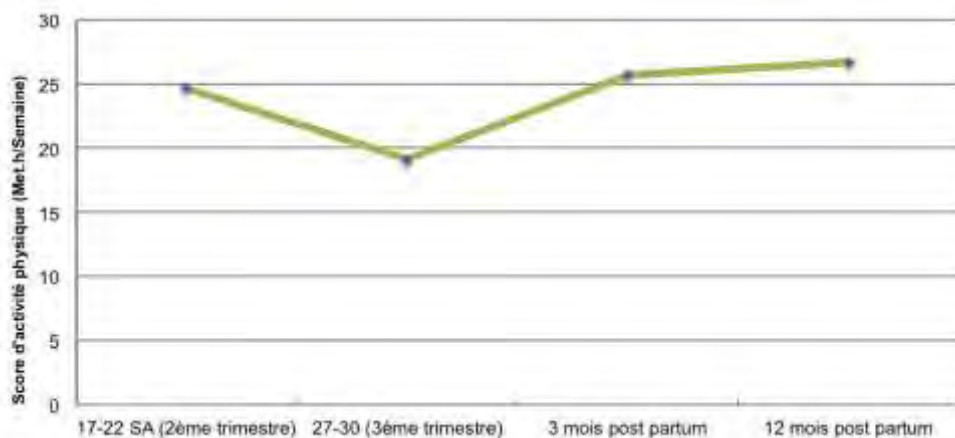


Figure 12. Evolution de l'activité physique des femmes pendant et après la grossesse (adaptée de Borodulin et al. 2009).

Obtenues au moyen d'entretiens téléphoniques, ces données ont été corroborées par une autre étude conduite aux Etats-Unis dans laquelle les femmes ont été évaluées à 3 et 12 mois *post-partum* par accélérométrie (Evenson et al. 2012). L'AP globale moyenne est passée de 371 cpm à 392 cpm entre le 3^{ème} et le 12^{ème} mois *post-partum* (Evenson et al. 2012). Dans cette même étude, quatre profils types de femmes ont été identifiés pour leur participation à une AP avant et après leur grossesse : (1) les femmes physiquement actives avant leur grossesse puis physiquement inactives ou irrégulièrement actives dans le *post-partum* (43 %) ; (2) les femmes physiquement actives avant leur grossesse et dans le *post-partum* (23 %) ; (3) les femmes physiquement inactives avant leur grossesse et dans le *post-*

partum (21 %) ; (4) les femmes physiquement inactives avant leur grossesse mais physiquement actives dans le post-partum (13 %) (Albright et al. 2005). Les femmes physiquement actives pratiquaient différentes formes d'AP. Avant la grossesse, 13 types différents d'activités ont été rapportés par ces femmes, dont la marche (31 %), la course à pied (14 %) et la natation (12 %). Après la grossesse, c'est essentiellement la marche (44 %) qui dominait les pratiques physiques des femmes (Albright et al. 2005).

Le manque d'études françaises sur l'AP des femmes en période de grossesse est frappant en regard du nombre de données scandinaves et nord-américaines sur ce sujet. Les études internationales suggèrent une baisse de l'AP, en particulier entre les 2^{ème} et 3^{ème} trimestres, suivie par une reprise progressive dans la période du *post-partum*. La reprise d'AP dans le *post-partum* mérite un accompagnement spécifique puisque, y compris pour les femmes physiquement actives avant leur grossesse, la probabilité de s'installer dans une inactivité physique semble forte.

Description des pratiques d'activité physique des femmes en période de grossesse et de post-partum

- Les données représentatives de l'activité physique des femmes durant la grossesse, en France, sont rares.
- Une seule étude menée en France indique qu'un tiers des femmes pratiquerait une AP ou sportive pendant leur grossesse alors qu'un tiers des femmes n'en pratiquerait pas.
- Malgré les différences culturelles, les données internationales suggèrent que moins du tiers des femmes en période de grossesse réalise au quotidien une activité physique équivalant à 30 minutes d'activité physique d'intensité modérée au moins 5 fois par semaine.

3.1.1.5 Personnes âgées de plus de 65 ans

L'analyse des données du Baromètre Santé 2008, portant sur les personnes âgées de 65 à 75 ans (Vuillemin et al. 2009) a montré que 43 % des hommes et 39 % des femmes avaient un niveau élevé d'AP, 28 % et 32 % un niveau modéré, et 27 % et 28 % un niveau limité, définis par le questionnaire GPAQ. Les temps moyens d'AP par jour selon le sexe et le contexte de l'AP pratiquée sont présentés dans le tableau 16.

Tableau 16. Temps moyen d'activité physique par jour chez les 65-75 ans, selon le sexe et le contexte - Baromètre santé 2008 (Vuillemin et al. 2009)

	Hommes	Femmes
Activité physique occupationnelle (min/j)	78	68
Activité physique de loisirs (min/j)	22	13
Activité physique liée aux déplacements (min j)	35	32

Chez les personnes âgées de 65 à 75 ans, l'AP est réalisée dans sa plus grande proportion (43,9 % du temps de l'AP totale) lors des activités physique occupationnelles (liées au travail (rémunéré ou non) ou domestiques), comme cela est observé dans les autres tranches d'âge, puis à l'occasion de déplacements (42,4 %) et dans sa plus faible proportion pendant les loisirs (13,7 %) (Vuillemin et al. 2009).

Dans la cohorte SU.VI.MAX. (SUpplementation en Vitamines et Minéraux AntioXydants) (Hercberg et al. 1998) a été mise en évidence une augmentation de l'AP de loisirs d'environ 2 heures par semaine avec le départ en retraite chez les hommes et chez les femmes, indépendamment du fait que ces personnes atteignaient ou non les recommandations. Cette augmentation était principalement due à une augmentation des activités physiques d'intensité modérée, dont la marche de loisir. Chez les femmes, une forte augmentation du temps passé à marcher lors du passage à la retraite était associé à une diminution du temps passé à regarder la télévision (Touvier et al. 2010).

L'enquête INCA 2 (2009) a montré que moins de la moitié de la population âgée de 55 à 79 ans atteignait une AP jugée suffisante (48,4 % pour les hommes et 40,2 % pour les femmes), d'après les données issues de l'IPAQ.

Dans l'enquête ENNS (2007), 67,2 % des hommes et 63,0 % des femmes âgés de 55-74 ans pratiquaient l'équivalent d'une AP de niveau au moins "modéré", c'est-à-dire réalisaient l'équivalent d'au moins 30 minutes par jour d'une AP modérée pendant au moins 5 jours par semaine. L'examen des classes IPAQ de niveau "modéré" et "élevé" de façon séparée montre des tendances de pratiques différentes chez les hommes et les femmes. Plus précisément, chez les hommes, la pratique d'une AP de niveau élevé tend à diminuer avec l'âge pour atteindre 26,9 % (37,6 % chez les 18-29 ans) alors que la pratique d'une AP de niveau modéré est la plus élevée dans la tranche d'âge des 55-74 ans (40,3 %). Chez les femmes, la pratique d'une AP de niveau modéré atteint 42,8 % et 20,2 % pour le niveau élevé.

Description des pratiques d'activité physique des personnes âgées de plus de 65 ans

- L'analyse des données du Baromètre Santé 2008 portant sur les personnes âgées de 65 à 75 ans a montré que 43 % des hommes et 39 % des femmes avaient un niveau élevé d'activité physique 28 % et 32 % un niveau modéré 27 % et 28 % un niveau limité.
- Ces données semblent être confirmées par les autres enquêtes nationales, menées sur des tranches d'âge sensiblement différentes : 45 % des 55 - 79 ans avaient un niveau élevé d'AP selon l'enquête INCA 2. L'enquête ENNS (55-74 ans) a rapporté que plus de 67 % des hommes et 60 % des femmes avaient un niveau moyen ou élevé d'AP.
- L'activité physique est réalisée dans sa plus grande proportion lors d'activités professionnelles (travail rémunéré ou non, tâches ménagères, chercher un emploi) (43,9% du temps de l'activité physique totale) puis à l'occasion de déplacements (42,4 %) et dans sa plus faible proportion pendant les loisirs (13,7 %).
- Les données concernant la modification de la pratique d'AP lors du passage à la retraite et les caractéristiques de cette pratique chez les retraités sont insuffisantes pour conclure.

3.1.1.6 Personnes déclarant une limitation fonctionnelle d'activité (LFA)

De la même façon qu'il est très compliqué d'obtenir des données précises sur le nombre de personnes déclarant une limitation fonctionnelle d'activité due à leur état de santé (LFA), ou en situation de handicap ; porter un regard précis sur les pratiques d'AP de ces personnes est un véritable défi. La complexité de cette tâche provient à la fois de la pluralité des situations de vie incluses sous le terme « handicap » et de la disparité des informations et données statistiques disponibles pour ce public.

Les données descriptives sur les comportements d'AP et de sédentarité sont peu nombreuses et souffrent de défauts méthodologiques. Elles reposent essentiellement sur une méthode d'enquête rétrospective et sont généralement transversales et déclaratives.

Elles utilisent des méthodes de collecte de données standardisées, ce qui engendre des réponses selon des choix prédéterminés (questions fermées) et limite par conséquent la collecte des données qualitatives spécifiques issues de l'expérience de vie de ces personnes (Fekete and Rauch 2012). Les données disponibles sont le plus souvent axées sur les restrictions de participation dans les domaines de l'emploi, des loisirs, de la scolarité (par exemple accès restreints à l'emploi, difficultés de scolarisation, inaccessibilité des transports en communs, etc.) mais décrivent peu les habitudes de vie, notamment en matière d'AP et les comportements sédentaires.

La littérature internationale a mis en avant le fait que les personnes déclarant une limitation fonctionnelle ou d'activité due à leur état de santé (LFA) ont un niveau d'AP plus faible que les personnes sans limitation, que l'on considère les personnes porteuses de déficiences motrices ou de déficiences intellectuelles, de maladies chroniques, des enfants-adolescents, adultes ou personnes âgées de plus de 65 ans (Centers for Disease Control and Prevention 2007, Healthy People 2010, Ko et al. 2011, Manns et al. 2012, Martin Ginis and Hicks 2007, McGuire et al. 2007, Walsh 2008, Rimmer 2012, Rimmer and Rowland 2008, Stanish et al. 2006, Wisdom et al. 2010). En outre, aux Etats-Unis, l'analyse des données du Système de Surveillance "Behavioral Risk Factor" de 2005 conduite par les "Centers for Disease Control and Prevention (CDC)", fait apparaître une plus faible proportion d'adultes LFA (37,7 % contre 49,4 %, $p < 0,01$) atteignant les recommandations minimales d'AP selon l'OMS (30 min/j au moins 5 j/sem d'activité d'intensité modérée ou 20 min/j au moins 3 j/sem d'activité d'intensité élevée); une proportion plus élevée était physiquement inactive que chez les personnes sans LFA (25,6 % contre 12,8 %, $p < 0,01$) (Centers for Disease Control and Prevention 2007).

En France, chez les personnes vivant à domicile, Marcellini et al. (2003) ont montré que les personnes déclarant au moins une déficience pratiquent moins d'AP que les personnes sans déficience (40,5 % contre 53,2 % pour les hommes et 32,3 % contre 41,7 % pour les femmes (Marcellini et al. 2003a).

En Angleterre, une enquête conduite en 2000-2001 a permis d'observer les pratiques sportives d'adultes âgés de 16 à 59 ans vivant à domicile et ayant déclaré au moins un problème de santé ou une déficience de longue durée limitant leur activité (Limiting Long-Standing Illness) (Sport England 2002). Quelles que soient les déficiences considérées, la pratique d'une AP ou sportive est proportionnellement plus faible chez les personnes ayant une déficience en comparaison à celle de leurs pairs sans limitation (Sport England 2002). Le taux de participation à des activités sportives des adultes ayant une LFA est inférieur de 24 % à celui des personnes sans limitation (51 % contre 75 %), de 21 % lorsque la marche est exclue (38 % contre 59 %). La marche est l'activité la plus pratiquée chez les personnes LFA (26 %), comme chez celles sans limitation (50 %) ; viennent ensuite la natation (13 %), le billard (8 %) et le vélo (7 %). Les personnes ayant une déficience visuelle sont les plus susceptibles de pratiquer une activité sportive, marche incluse (48 %), suivies des personnes avec une déficience cognitive ou liée à des douleurs (47 %). Les moins susceptibles d'adhérer à une pratique sont les personnes à mobilité réduite (23 % marche incluse). Les personnes LFA sont très peu nombreuses à pratiquer plusieurs activités (de 1 à 4 % participent à 3 activités et plus, marche incluse). Le nombre d'activités pratiquées diminue avec l'augmentation du nombre de limitations/déficiences cumulées. Comme dans la population sans LFA, les hommes pratiquent davantage que les femmes (56 % contre 47 %, 44 % contre 33 % hors marche). La pratique d'une AP diminue avec l'avancée en âge (Figure 13 ; Sport England 2002) : de 74 % chez le groupe des 16-19 ans à 46 % chez les 45-59 ans. Les personnes LFA sont 16 % à adhérer à un club sportif (19% chez les personnes sans limitation), dont moins de 1 % dans un club spécialisé pour personnes handicapées. Des données plus récentes dénombrent seulement 18,5 % de personnes LFA participant hebdomadairement à un sport, soit environ la moitié par rapport à la population générale anglaise (39,2 %), avec des variations dépendant du type de déficience, comme en

témoigne le taux le plus bas de participation observé chez les personnes présentant des déficiences sensorielles à 13,4 % (Active People Survey data (APSD) 2012).

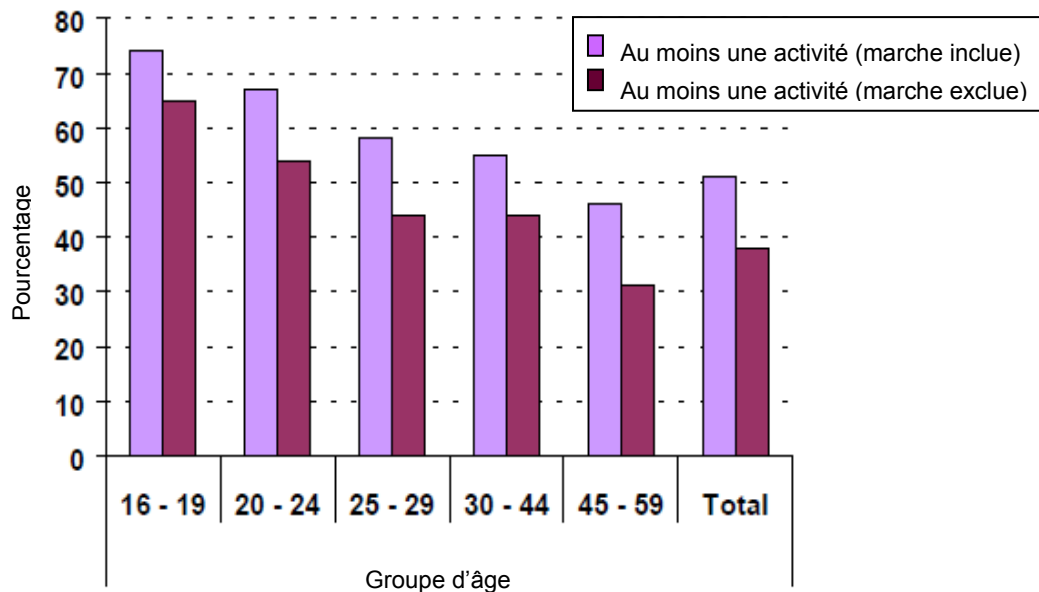


Figure 13. Taux de participation sportive parmi les personnes ayant une déficience, en fonction de l'âge (incluant et excluant la marche – selon l'étude nationale SportEngland 2002).

Enfants et adolescents

En Angleterre, l'étude « Disability Survey 2000, Young People with Disability and Sport » a permis d'avoir une idée du niveau d'AP d'enfants et d'adolescents (6 à 16 ans) ayant au moins un problème de santé ou un handicap de longue durée : les taux de participation sont plus bas, même si la majorité des jeunes ont pratiqué une activité sportive ou de l'exercice à l'école ou en extrascolaire au moins dix fois dans l'année précédant l'enquête (75 % chez les enfants-adolescents LFA contre 94 % chez ceux sans limitation) (Sport England 2001). Les pratiques des enfants-adolescents LFA sont plus fréquentes en milieu scolaire (64 %) qu'extrascolaire (56 %) et sont deux fois moins variées. Seulement 14% des jeunes LFA (contre 45 % des jeunes sans limitation) ont des pratiques extrascolaires, et seulement 12 % (contre 46 %) font du sport dans un club (Sport England 2001).

Spécificité de la pratique d'activité physique chez les personnes LFA

Peu de données sont disponibles sur les différentes formes de pratiques chez les personnes LFA en France. Aucune analyse aussi complète que celle du rapport Marcellini et al. (2003a) n'est disponible afin d'évaluer la santé et les comportements des personnes en situation de handicap, ce qui fait que ce rapport reste une référence même s'il repose sur des données datant de près de 15 ans. En effet, ce rapport exploite les données recueillies lors de l'enquête HID (Handicap – Incapacités – Désavantages) menée en 1998 pour la population vivant en institutions et en 1999 pour la population vivant à domicile. Les personnes de 5 à 74 ans auprès desquelles a été conduite l'enquête HID ont été réparties en trois groupes : (1) les personnes vivant à domicile (sans déficience) ; (2) les personnes vivant à domicile et déclarant au moins une déficience ; (3) les personnes en situation de handicap vivant en institution (Marcellini 2003b). Ce rapport a fait état des pratiques régulières d'activités sportives dont la marche. Parmi la population de personnes à domicile déclarant au moins

une déficience, le taux de pratique d'AP régulière déclarée atteint 36,2 %, soit plus de 10 points de moins que la population française du même âge (40,5 % contre 53,2 % chez les hommes ; 32,3 % contre 41,7 % chez les femmes) ; chez les personnes vivant en institution, ce taux atteint 32,8 %, soit 15 points de moins que la population française (Marcellini et al. 2003b). Ces chiffres corroborent ceux de la restriction de participation sociale telle que déclarée en France en 2004 (dossier « Les chiffres du handicap » (Brouard et al. 2004)) : la pratique régulière d'une activité sportive n'était déclarée que par un tiers de la population 20-59 ans présentant une ou plusieurs déficiences, contre près de la moitié de la population du même âge n'ayant pas de déficience. Ils corroborent également ceux de la littérature internationale : les personnes souffrant de déficiences sont généralement décrites comme deux fois moins actives que les personnes sans déficience ; ces chiffres étant majorés chez les personnes âgées et chez les femmes (Healthy People 2010, Ko et al. 2011, Manns et al. 2012, McGuire et al. 2007, van Schroyen Lantman-de Valk et al. 2007, Rimmer et al. 2012, Stanish et al. 2006, Wisdom et al. 2010). Ces chiffres seraient encore plus élevés chez les jeunes : au Canada, le risque d'inactivité physique chez les enfants et adolescents ayant un handicap est décrit comme 4,5 fois plus élevé que chez les enfants/adolescents sans déficience (Sallis et al. 2006, Rimmer and Rowland 2008).

La prévalence de la pratique régulière d'une AP varie selon le sexe, l'avancée en âge, la catégorie socioprofessionnelle ; paramètres auxquels il convient d'ajouter le lieu de vie (à domicile ou en institution, et, dans le second cas, le type d'institution), la déficience et les conditions de vie pour les personnes en situation de handicap (Marcellini et al. 2003b).

Pratique physique en fonction de l'âge, du sexe et du lieu de vie

Le sexe, la vie en institution et l'âge influencent la pratique régulière d'une activité sportive (Figure 14) (Marcellini et al. 2003b).

De manière générale, les taux de pratique chez les hommes sont plus élevés que chez les femmes, sauf pour les personnes LFA vivant en institution (taux similaires - Figure 14) (Marcellini et al. 2003b).

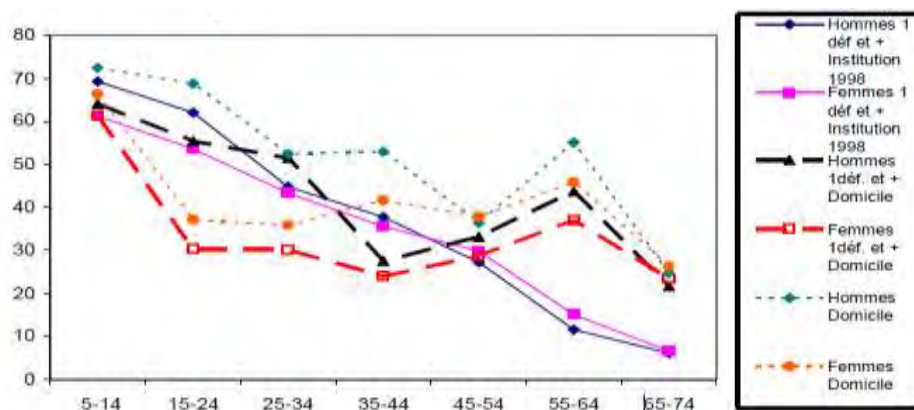


Figure 14. Taux de pratique sportive selon la présence de déficience et l'âge décennal (après pondération) Enquêtes HID Institution 1998 et Domicile 1999 (Marcellini et al. 2003a).

L'avancée en âge est associée à une diminution du taux de pratique régulière d'une AP. Parmi les 5-14 ans, une grande majorité pratique régulièrement une AP (64 % et 70 % chez les garçons à domicile et en institution, 61 % chez les filles, quel que soit le lieu de vie). Chez les personnes vivant à domicile, ce taux baisse progressivement avec l'avancée en âge, jusqu'à environ 22 % chez les hommes et 23 % chez les femmes entre 65 et 74 ans. Chez les personnes LFA de 45 à 54 ans, on note une augmentation des taux de pratique, ce qui a été décrit comme un « retour à l'AP ».

Pratiques en fonction du type de déficience

D'une manière générale, le type de déficience influence la pratique sportive : les déficiences les plus limitantes sont les « multi-déficiences » et les « mono-déficiences motrices » (Figure 15). La pratique sportive est plus développée en institution s'agissant des personnes qui présentent des déficiences intellectuelles/psychiques ou des déficiences sensorielles. A contrario, l'institution paraît un facteur limitant de la pratique pour les personnes présentant des mono-déficiences, des déficiences viscérales et métaboliques et des multi-déficiences sans problème psychique par rapport aux personnes vivant à domicile déclarant au moins une déficience (Marcellini et al. 2003b).

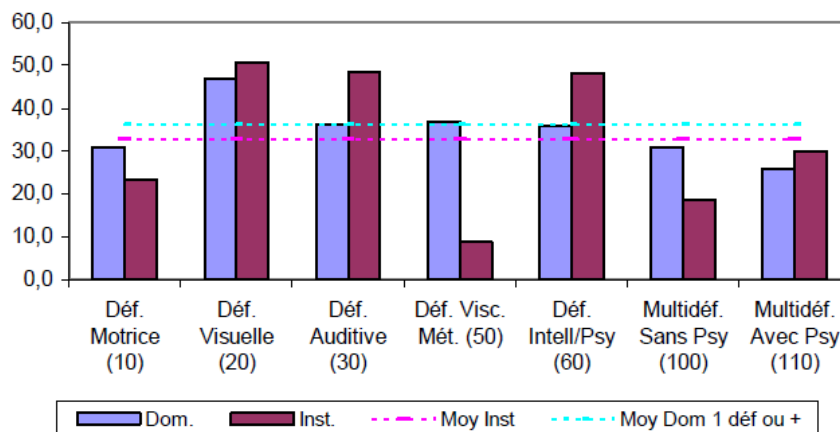


Figure 15. Taux de pratique sportive selon le type de déficience (après pondération) Enquêtes HID Institution 1998 et Domicile 1999 – 5-74 ans (Marcellini et al. 2003a).

Pratiques en fonction du type d'institution et de la durée en institution

L'institutionnalisation des personnes handicapées diminue les taux de pratique (inférieur de 5,4 points chez les hommes et de 3,4 points chez les femmes). Les différences des taux de pratique hommes/femmes sont moins marquées (35,5 % chez les hommes pour 29,3 % chez les femmes ; Figure 14). Dès 35 ans, le taux moyen de pratique des hommes et des femmes en institution est plus faible et cet écart devient très fort à partir de 55 ans ; la période de retour à l'AP observée chez les personnes LFA vivant à domicile étant effacée par la vie en institution (Figure 14).

Le type d'institution dans lequel est institutionnalisée la personne influence de façon non négligeable les pratiques (Marcellini et al. 2003b). Les pratiques sont moindres en établissements psychiatriques (entre 25 et 30 %) et dans les établissements pour personnes âgées (moins de 20 %). Elles sont nettement plus importantes dans les établissements pour enfants et adolescents (de 53 à 74 %), les taux les plus élevés étant répertoriés dans les établissements pour jeunes déficients sensoriels (taux de pratique des enfants et adolescents similaires). Dans les établissements spécialisés dans les handicaps moteurs et les polyhandicaps, les taux de pratiques sont très faibles chez les enfants (moins de 50 %) puis augmentent avec l'âge. A l'inverse, dans les autres établissements, les taux sont élevés chez les enfants et diminuent un peu chez les adolescents. Marcellini et al. (2003a) en déduisent que les atteintes motrices et le cumul de déficiences produisent un impact négatif marqué sur les pratiques, notamment chez les enfants vivant en institution. Ces facteurs influencent en outre le choix du type d'institution dans laquelle est placée la personne

(fonction du type de déficience, du degré de limitation fonctionnelle et de l'âge de la personne concernée).

La durée de séjour en institution influence également les pratiques chez les jeunes : une institutionnalisation de 2 à 5 ans favorise les pratiques qui sont alors plus élevées que pour les jeunes LFA non institutionnalisés du même âge ; par contre, Marcellini et al. (2003a) observent une chute des pratiques quand la durée d'institutionnalisation dépasse 5 ans.

Lieux de pratique

Les lieux de pratique diffèrent fortement selon que les personnes sont institutionnalisées ou vivent à domicile. Pour ces dernières, la répartition des lieux de pratique est très proche de celles de la population sans LFA (Marcellini et al. 2003b).

D'après les chiffres communiqués par les fédérations sportives françaises spécifiquement ouvertes aux personnes en situation de handicap (Fédération Française Handisport et la Fédération Française du Sport Adapté), la pratique sportive dans des associations spécialisées représente une très faible part des pratiques physiques des personnes en situation de handicap (< 5 %) et n'apporte qu'un regard parcellaire sur leurs pratiques d'AP. Ainsi en 2011, la fédération Handisport rassemblait 26534 licences tandis que Sport Adapté en comptait 43010, dont 31 % et 34,6 % de licences féminines respectivement (Ministère de la Jeunesse 2013, INSEE 2012). Ces chiffres représentent un taux de moins de 1% de la population 15-75 ans ayant déclaré au moins une déficience pratiquant au sein de ces fédérations.

Marcellini et al. (2003a) ont différencié les lieux de pratique des personnes ayant déclaré au moins une déficience, qu'elles vivent à domicile ou en institution. Chez les personnes LFA vivant à domicile, la majorité des personnes pratique une AP hors cadre institutionnel (pratique « individuelle » 53,6 %). Les autres pratiques (46 %) se déroulent en association : associations ouvertes à tous (39 %), scolaires ou universitaires (6 %) ou d'entreprises (1 %). La pratique en milieu associatif est plus fréquente chez les plus jeunes, alors que les pratiques « individuelles » sont plus fréquentes chez les sujets plus âgés : à partir de 45 ans, les associations sont désertées au profit de pratiques « individuelles ». Seule une très faible part des pratiques se déroule dans le cadre d'associations spécifiques pour personnes en situation de handicap (0,4 %). Ces associations spécifiques concernent peu les enfants, mais davantage les adultes de 25 à 54 ans.

Chez les personnes vivant en institution, 63 % des pratiques ont lieu dans le cadre de l'institution. Ces dernières sont souvent affiliées aux fédérations spécialisées. L'AP réalisée dans des associations ouvertes à tous constituent environ 13 % des pratiques, celles en associations scolaires ou universitaires environ 6 % et celles en associations d'entreprise moins de 1 %. Les pratiques en associations spécifiques pour personnes handicapées montent à environ 66 %. Les pratiques non encadrées constituent 17 % des pratiques, avec une moyenne d'âge plus élevée.

Type d'activités physiques pratiquées

La diversité de choix des pratiques semble d'autant plus restreinte que les personnes cumulent les déficiences ou sont atteintes de déficiences motrices et qu'elles sont institutionnalisées (Marcellini et al. 2003b). En France, les AP les plus pratiquées par les personnes LFA sont semblables à celles plébiscitées par la population non LFA : la marche, la natation, le cyclisme, le footing, le football et la gymnastique d'entretien. Les activités pratiquées par les personnes en situation de handicap sont principalement des pratiques individuelles.

Les activités majoritairement citées par les pratiquants réguliers vivant à domicile et ayant déclaré au moins une déficience sont la marche et le cyclisme ; chez les pratiquants

institutionnalisés, l'équitation, le basket-ball et le judo sont beaucoup plus représentées que dans la population ordinaire (Marcellini et al. 2003b).

Les pratiques évoluent avec l'âge (Marcellini et al. 2003b) : le football, le judo, le basket-ball, l'équitation, la natation sont majoritaires chez les plus jeunes et sont progressivement remplacées par la marche et la gymnastique d'entretien, puis la gymnastique (au sens large) et le cyclisme qui sont les activités privilégiées dès 55 ans. Avec l'avancée en âge, parallèlement à la baisse des effectifs, est observée une diminution de la diversité des activités pratiquées.

Inactivité physique

Comme le suggèrent les données portant sur la description de l'AP vues précédemment, l'inactivité physique est plus largement répandue chez ce public (Centers for Disease Control and Prevention 2007, Healthy People 2010, Ko 2011, Manns et al. 2012, Martin Ginis and Hicks 2007, McGuire 2007, van Schroyen Lantman-de Valk et al. 2007, Rimmer 2012, Rimmer and Rowland 2008, Stanish et al. 2006, Wisdom et al. 2010).

En France, d'après le rapport de Marcellini et al. (2003a), le taux de non-pratiquants d'activités sportives dans la population déclarant une déficience ou plus, vivant à domicile, est de 63,8 % (59,5 % chez les hommes et 67,7 % chez les femmes) pour un âge moyen de 46,8 ans. Il est donc supérieur de 10 points par rapport à celui de la population générale (âge moyen : 40,8 ans). Dans la population institutionnalisée, ce taux varie selon l'âge : il atteint 67,2 % (64,5 % pour les hommes et 70,8 % pour les femmes) pour un âge moyen de 49,6 ans. Dès 25 ans, les effectifs des non-sportifs dépassent ceux des sportifs réguliers en institution et ils sont particulièrement nombreux chez les 65-74 ans. Dans la population vivant à domicile, avec une déficience ou plus, les effectifs des non-sportifs augmentent également avec l'avancée en âge et sont plus nombreux que les sportifs dès l'âge de 15 ans (Figure 16) (Marcellini et al. 2003a).

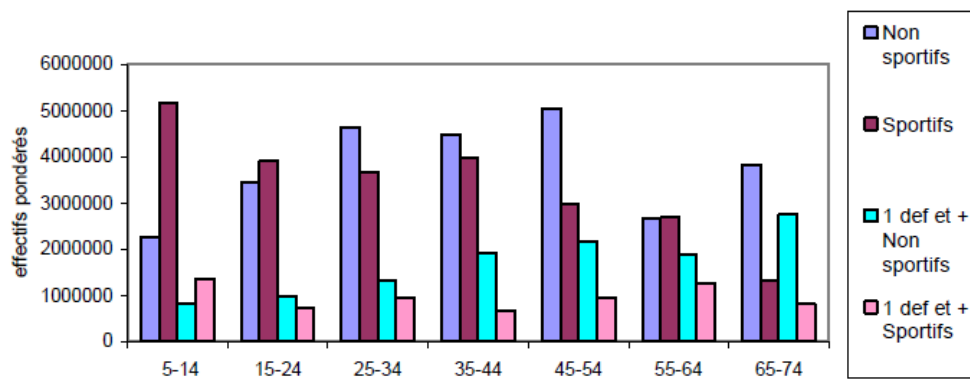


Figure 16. Répartition par âge décennal des sportifs et non-sportifs selon l'âge dans la population globale et dans la population déficiente (après pondération) Enquêtes HID Institution 1998 et Domicile 1999 – 5-74 ans (Marcellini et al. 2003a).

De manière globale, l'activité professionnelle, les tâches du quotidien, comme les déplacements, sont moins souvent source d'AP chez les personnes LFA, et ce d'autant plus que la personne cumule des limitations fonctionnelles et avance en âge.

Malgré un manque de données sur les pratiques des personnes LFA, on peut conclure que les personnes LFA pratiquent moins d'activité physique que la population générale. Les personnes LFA ayant une déficience motrice ou un cumul de déficiences, un degré plus important de limitation fonctionnelle, avançant en âge, ou étant des femmes, semblent encore plus à risque d'inactivité. Comme les activités

liées aux loisirs, l'activité professionnelle, les activités domestiques et les déplacements, sont également moins susceptibles d'être sources d'activité physique chez les personnes LFA.

Description des pratiques d'activité physique chez les personnes LFA

- Les données décrivant les pratiques d'AP des personnes LFA sont rares en France.
- Les personnes LFA pratiqueraient jusqu'à 2 fois moins d'AP et le taux de non-pratiquants est plus élevé que dans la population générale. L'activité professionnelle, les activités domestiques et les déplacements sont moins susceptibles d'être sources d'AP chez les personnes LFA.
- Les hommes pratiquent d'avantage d'AP que les femmes, et la pratique diminue avec l'âge ; les personnes âgées et les femmes semblent particulièrement à risque d'inactivité physique.
- La pratique régulière d'AP varie selon la déficience ou pathologie et la limitation de fonctionnalité : elle est plus fréquente chez les personnes ayant une déficience sensorielle, notamment visuelle, moins chez les personnes ayant une déficience cognitive et sera beaucoup plus faible chez les personnes ayant une déficience motrice ou un cumul de déficiences.
- Le lieu de vie influence la pratique régulière d'AP : la vie en institution favorise la pratique chez les jeunes LFA et tend à amenuiser les inégalités de pratiques liées au sexe. La pratique d'AP diffère toutefois selon le type d'établissement, les déficiences et la durée du séjour en institution.
- Chez les enfants LFA, le taux de pratique régulière d'une AP est moins élevé que chez les enfants sans limitation ; leurs pratiques sont moins variées et sont plus susceptibles d'être uniquement scolaires (les pratiques extrascolaires sont rares). Le risque d'être considéré comme physiquement inactif est plus de quatre fois plus élevé chez les enfants LFA que chez leurs pairs sans limitation.

Description des pratiques d'activité physique des Français

Enfants

- Dans les études réalisées chez les 3 - 10 ans, quatre domaines sont généralement identifiés comme sources d'activités physiques : AP de plein air, extrascolaires, scolaires (temps de récréations, leçons d'éducation physique et sportive) et déplacements pour se rendre à l'école.

Selon les enquêtes :

- Les enfants sont 35 à 47 % à pratiquer des jeux de plein air et entre 30 à 39 % à ne jamais en pratiquer les jours d'école. Les garçons et les filles pratiquent des jeux de plein air à des fréquences identiques.
- Cette pratique diffère selon les jours de la semaine. Les jours sans école, les enfants ne sont plus que 26 à 34 % à pratiquer et 13 à 15 % à ne pas pratiquer de jeux de plein air.
- Concernant les activités physiques extrascolaires 26 % des enfants pratiquent une fois par semaine et 22 % au moins 2 fois par semaine. Les AP extrascolaires sont plus fréquentes chez les garçons que chez les filles.
- Plus de 80 % des enfants suivent régulièrement les cours d'EPS.
- 40 % des enfants utilisent un mode de transport actif pour se rendre à l'école.
- Aucune donnée n'est disponible en France sur l'activité physique des enfants avant l'âge de 3 ans.

Adolescents

- Chez les 11-14 ans, environ 12 % pratiquent au moins 60 minutes quotidiennes d'activité physique (intensité modérée à élevée) et 30 % pratiquent 5 ou 6 fois par semaine.
- Chez les 15-17 ans, environ 43 % pratiquent au moins 30 min d'AP d'intensité modérée à élevée par jour.
- Au vu de l'ensemble des données, la pratique diminuerait au cours de l'adolescence. Cependant, au vu de l'hétérogénéité des modes de recueils de données utilisés en fonction de l'âge des adolescents, cette évolution de la pratique reste actuellement difficile à évaluer.
- Les filles sont moins nombreuses que les garçons à réaliser une activité physique d'intensité modérée à élevée.
- Environ 90 % des adolescents participent régulièrement aux cours d'EPS.

Adultes

- Les méthodes actuelles d'évaluation de l'activité physique estiment les durées passées à pratiquer des activités physiques d'intensité faible, modérée ou élevée mais ne permettent pas de déterminer le type des activités physiques pratiquées (endurance, renforcement musculaire, souplesse ou équilibre). Elles rendent difficile la description détaillée de l'AP des adultes français.
- Selon les études nationales (2007 à 2010) 25 à 37 % de la population a un niveau bas d'activité physique ; 24 à 37 % de la population a un niveau moyen d'activité physique, soit 30 min d'activité physique quotidienne, au moins 5 fois par semaine ; 27 à 45 % à un

niveau élevé d'activité physique, soit au moins une heure quotidienne d'activité physique d'intensité modérée à élevée.

- Les hommes sont plus nombreux que les femmes à pratiquer une activité physique. Une pratique de loisirs encadrée est plus fréquente chez les femmes alors qu'une pratique en compétition est plus fréquente chez les hommes.
- Les personnes en activité, les cadres et professions intermédiaires, les personnes titulaires du baccalauréat ou plus et les personnes aux revenus les plus élevés pratiquent davantage que les personnes à revenus et à niveau d'éducation plus faibles.

Femmes en période de grossesse et de post-partum

- Peu de données permettent de décrire l'activité physique des femmes en période de grossesse et de post-partum en France. Ces données suggèrent un niveau bas d'activité physique.

Personnes âgées de plus de 65 ans

- L'analyse des données du Baromètre Santé 2008 portant sur les personnes âgées de 65 à 75 ans vivant en France a montré que 43 % des hommes et 39 % des femmes avaient un niveau élevé d'activité physique 28 % et 32 % un niveau moyen 27 % et 28 % un niveau bas.
- Ces données semblent être confirmées par les autres enquêtes nationales menées sur des tranches d'âge sensiblement différentes : 45 % des 55 - 79 ans avaient un niveau élevé d'AP selon l'enquête INCA 2. L'enquête ENNS (55-74 ans) a rapporté que plus de 67 % des hommes et 60 % des femmes avaient un niveau moyen ou élevé d'activité physique.
- L'activité physique est majoritairement réalisée au cours des activités professionnelles (43,9 % du temps de l'activité physique totale), réalisée à l'occasion de déplacements (42,4 %) ou dans une plus faible proportion pendant les loisirs (13,7 %).

Personnes ayant déclaré une limitation fonctionnelle ou d'activité (LFA)

- Le pourcentage de non-pratiquants d'une activité physique est beaucoup plus élevé chez les personnes déclarant une LFA que dans la population générale. Les adultes LFA pratiquent jusqu'à deux fois moins d'activité physique. Les femmes pratiquent moins que les hommes ; la pratique diminue avec l'avancée en âge.
- La pratique activité physique régulière varie selon la déficience. Plus fréquente chez les personnes ayant une déficience sensorielle, notamment visuelle, elle l'est moins chez les personnes ayant une déficience cognitive et surtout motrice.
- Le lieu de vie influence la pratique d'une activité physique régulière : la vie en institution favorise la pratique chez les jeunes LFA et tend à amenuiser les inégalités de pratiques liées au sexe. Les pratiques diffèrent toutefois selon le type d'établissement, les déficiences et la durée du séjour en institution.
- Les enfants et les adolescents LFA pratiquent moins d'activités physiques et celles-ci sont moins variées que leurs pairs sans déficience. Leur risque d'être physiquement inactif est quatre fois plus élevé.

3.1.2 Description des comportements sédentaires

3.1.2.1 Enfants et adolescents⁸

Au niveau national, les données de comportement sédentaire des enfants et des adolescents proviennent essentiellement des enquêtes INCA 2 et ENNS (Afssa 2009, InVS 2007). Dans ces enquêtes, le temps de sédentarité est mesuré par le temps passé devant un écran, d'ordinateur ou de télévision.

En première approche, ces enquêtes ont évalué ces comportements chez les jeunes de 3 à 17 ans. En moyenne, les jeunes Français passaient 2 h 48 à plus de 3 heures quotidiennes devant un écran (Afssa 2009, InVS 2007). Cette durée était relativement similaire chez les garçons et les filles : 171 min/j chez les garçons contre 166 min/j chez les filles (Afssa 2009). Ainsi, 39 % des enfants de 3-17 ans passaient 3 heures et plus par jour devant la télévision (ENNS 2007). Il n'existe pas de données caractérisant le comportement sédentaire des enfants de moins de 3 ans.

3.1.2.1.1 Enfants (3 - 10 ans)

Dans l'enquête nationale INCA 2, la durée totale moyenne passée devant un écran (télévision et ordinateur) a été estimée à 2 h 12 par jour chez les 3-10 ans (Afssa 2009). Dans cette tranche d'âge 26 % des garçons et 24 % des filles passaient quotidiennement 3 heures et plus devant un écran. L'enquête ENNS a mis en avant un temps moyen d'écran plus élevé les jours sans école : les jours d'école, les garçons et les filles passaient respectivement 1 h 27 et 1 h 36 devant un écran contre 2 h 44 et 2 h 34 les jours sans école (ENNS 2007).

L'enquête ORsaG menée en Guadeloupe a révélé que 53 % des enfants restaient devant la télévision pendant environ 1 heure tous les jours et 49 % d'entre eux n'utilisaient pas d'ordinateur (ORsaG 2010). Au total, 10 % des enfants passaient 3 heures ou plus dans une journée scolaire devant la télévision et 6 % d'entre eux utilisaient un ordinateur pendant les jours d'école. En revanche, lors des journées sans école, 64 % des enfants passaient 3 heures ou plus devant la télévision et 36 % devant un ordinateur (ORsaG 2010).

Environ un enfant français sur cinq passe plus de 3 h/j devant un écran, le temps moyen étant d'environ 2 h/j. Ce profil semble légèrement différent hors métropole bien que des études impliquant des enfants vivant en outre-mer fassent défaut pour opérer une comparaison rigoureuse.

3.1.2.1.2 Adolescents (11 - 17 ans)

Au niveau national, 46 % des adolescents de 11 à 14 ans ont déclaré passer plus de 3 heures quotidiennes devant un écran. Les jeunes de cette tranche d'âge passaient en moyenne 2 h 13 par jour devant un écran (télévision et ordinateur) (Bénétiér et al. 2009). Les résultats de l'enquête ENNS ont montré que le temps passé devant un écran les jours d'école était équivalent chez les filles (2 h 10) et les garçons (2 h 17) (ENNS 2007). Ce temps était presque doublé les jours sans école..

⁸ En raison des données peu nombreuses, ces populations d'âge ont été regroupées dans cette partie.

Chez les adolescents de 15 à 17 ans interrogés dans l'enquête INCA 2, le temps quotidien passé devant un écran a été estimé à 2 h 50 (télévision et ordinateur) (Bénétiér et al. 2009). Dans cette enquête, 64 % des garçons et 56 % des filles passaient plus de 3 heures quotidiennes devant un écran. Comme chez les plus jeunes, l'enquête ENNS a mis en avant une différence de temps passé devant un écran entre les jours avec et sans école chez les 15-17 ans : les jours d'école, les garçons et les filles passaient respectivement 2 h 42 et 2 h 17 devant un écran contre 4 h 48 et 4 h 23 les jours sans école (ENNS 2007).

Au niveau régional, l'enquête réalisée en Alsace au début des années 2000 a montré que 39 % des garçons et 35 % des filles ($p < 0,02$) passaient plus de 2 heures par jour devant un écran (Wagner et al. 2004). Dans la même région, il a été rapporté que le tiers d'une cohorte de 2700 enfants consacrait au quotidien 2 heures ou plus à des activités sédentaires (temps passé devant la télévision, l'ordinateur, à des jeux vidéo ou à de la lecture, par exemple) (Klein-Platat et al. 2005).

Près de la moitié des 11-14 ans passe 3 heures ou plus au quotidien assis devant un écran. En comparaison, les 15-17 ans sont près de 60 % à passer ce même temps assis devant un écran. Comme chez les enfants, ce temps est quasiment doublé les jours sans école comparativement aux jours avec école. En outre, des disparités régionales sur le temps d'écran doivent être envisagées (exemple de la Guadeloupe).

3.1.2.1.3 Evolution du temps de sédentarité avec l'âge

L'enquête HBSC 2009-2010 suggère que plus de 40% des enfants français de 11 ans (42 % des garçons et 49 % des filles) passent 2 heures ou plus devant un écran (contre 58 % des garçons et 54 % des filles de l'ensemble des pays impliqués dans l'enquête). A 13 ans, les proportions atteignent 59 % chez les garçons et 55% chez les filles (contre 65 % des garçons et 64% des filles de l'ensemble des pays impliqués dans l'enquête). Enfin à 15 ans, 54 % des adolescents et 48 % des adolescentes passaient 2 heures et plus devant un écran (contre 64 % des garçons et 62 % des filles de tous les pays impliqués dans l'enquête) (Currie et al. 2012).

L'approche objective de la sédentarité des enfants et adolescents a rarement été envisagée dans les études conduites en France, y compris dans les études internationales, telles que l'étude HELENA (Healthy Lifestyle in Europe by Nutrition in Adolescence), impliquant une cohorte française (Ruiz et al. 2011).

On peut regretter la faible prise en compte de la sédentarité des enfants ou, à tout le moins, l'analyse conjointe du comportement sédentaire et de l'AP. La seule tentative dans ce sens a été opérée en 2007 sur une centaine d'enfants de 8-11 ans du Nord de la France (Guinhouya et al. 2007). Dans cette étude, les enfants passaient en moyenne 712 ± 41 min/j dans un passe-temps sédentaire tel que défini par un seuil maximum de 1100 cpm (Reilly et al. 2003) contre 28 ± 21 min/j d'une APME. Par ailleurs, des études analysant conjointement l'AP et le comportement sédentaire des enfants et adolescents français sont nécessaires pour mieux décrire le profil des pratiques de cette population et évaluer l'impact des politiques publiques en matière des prévention des risques liés à la sédentarité.

Il semble que le temps passé assis devant un écran augmente entre l'enfance et le début de l'adolescence puis se stabilise voire décline vers la fin de l'adolescence. Les activités sédentaires des enfants français ont été rarement évaluées objectivement ou analysées conjointement avec leur activité physique.

Description des comportements sédentaires des enfants et des adolescents

- Les données sur le comportement sédentaire des enfants et adolescents émergent progressivement. Ce comportement est essentiellement caractérisé par le temps passé assis devant un écran (télévision ou ordinateur).
- Les données disponibles indiquent que la durée des activités sédentaires dépasserait largement celle des activités physiques d'intensité modérée à élevée.

Les enquêtes menées à l'échelle nationale montrent que :

- Le temps passé assis devant un écran augmente avec l'âge.
- Entre 3 et 10 ans, les enfants passent en moyenne 2 h 10 par jour assis devant un écran ; 26 % des garçons et 22 % des filles y consacrent quotidiennement 3 heures et plus.
- Entre 11 et 17 ans, les adolescents passent en moyenne 2 h 13 (11-14 ans) et 2 h 50 (15-17 ans) assis devant un écran. Chez les 11-14 ans, 46 % y passent quotidiennement 3 heures et plus. Chez les 15-17 ans, 56 % des filles et 64 % des garçons seraient dans ce cas.
- De 15 à 17 ans, les garçons passent plus de temps passé assis devant un écran que les filles.
- Quels que soient l'âge et le sexe, le temps passé assis devant un écran est presque doublé les jours avec peu ou pas d'école.

3.1.2.2 Adultes

Bien que l'enquête INSEE de 1967 sur les loisirs des français (Le Roux, 1970) ait permis de souligner le rôle prépondérant de la télévision dans les loisirs des Français, elle n'avait pas pour objectif de décrire le comportement sédentaire. Des données sur la sédentarité n'ont été véritablement recueillies, en France, qu'à partir de 2005 (Escalon et al. 2007).

Dans l'enquête Baromètre santé 2008, les données sur le temps passé en position assise ou allongée⁹ ont été recueillies au moyen du questionnaire IPAQ (Inpes 2007). Pour l'ensemble de l'échantillon de la population, le temps moyen de sédentarité était évalué à 4 h 38 par jour. Le temps quotidien de comportement sédentaire diminuait régulièrement avec l'âge, aussi bien chez les hommes que chez les femmes. Il passait de 6 h 48 par jour chez les femmes entre 15 et 25 ans, à 3 h 27 par jour entre 55 et 64 ans. Chez les hommes, le temps quotidien de sédentarité passait de 6 h à 4 h 10 pour les mêmes tranches d'âge.

Dans les enquêtes ENNS (2006) et INCA 2 (2009), le temps quotidien passé assis devant un écran a été choisi pour évaluer le temps de sédentarité, bien que ce temps ne permette pas de déterminer le temps quotidien total passé dans des activités sédentaires. Le temps passé assis devant un écran en dehors du temps de travail (quel que soit son type) a été estimé en moyenne à 3 h 21 par jour, dont 2 h 38 en moyenne passées devant la télévision (Afssa 2009, InVS 2007). L'enquête ENNS a rapporté un temps moyen de 2 h 41 les jours de travail

⁹ Question globale sur le temps moyen passé assis par jour, un jour de semaine, au cours des 7 jours précédant l'enquête.

et de 3 h 42 les jours de repos. Plus de la moitié des adultes interrogés (53 %) passaient 3 h ou plus par jour devant un écran, quel que soit le type de jour (jour de travail ou jour de repos), soit 59 % des hommes et 48 % des femmes. On observait ici aussi une évolution du temps de sédentarité avec l'âge ; le temps quotidien moyen passé devant un écran diminuait entre les tranches d'âge 18-29 ans et 30-54 ans tant chez les hommes que chez les femmes. Des données assez similaires ont été apportées par l'étude INCA 2 (AFSSA 2009). Le temps total passé devant un écran (télévision, ordinateur ou console de jeux, etc.) était en moyenne de 3 h 30, légèrement supérieur chez les hommes (3 h 43) par rapport aux femmes (3 h 20). Les hommes et les femmes passaient autant de temps devant la télévision (en moyenne 2 h 30), mais les hommes passaient plus de temps devant les écrans d'ordinateur (1 h 12) que les femmes (0 h 50). Les proportions d'adultes qui passaient plus de 3 h par jour diminuaient entre 18-34 ans, et 35-54 ans, aussi bien chez les hommes que chez les femmes. Dans le cadre de l'enquête Eurobaromètre 2014, il apparaissait que 17 % des Français déclaraient passer moins de 2 heures par jour en position assise, alors que 38 % des personnes interrogées estimaient y passer plus de 5 h 30 par jour. Pour l'ensemble des résultats obtenus au niveau de tous les pays européens, il y avait une relation entre le niveau d'AP et la sédentarité. Les personnes qui ne marchaient pas plus de 10 min par jour étaient majoritairement celles qui passaient plus de 8 h 30 par jour en position assise.

Si le temps total passé devant un écran ne variait pas en fonction du niveau d'instruction, le temps passé devant la télévision était inversement associé au niveau d'instruction des sujets, l'inverse étant observé pour le temps passé devant un ordinateur pendant le temps de loisirs (AFSSA 2009).

Description des comportements sédentaires des adultes

- Evalué par le temps quotidien passé en position assise, le comportement sédentaire diffère selon l'âge. Il est de 6 h 25 de moyenne entre 15-25 ans et de 3 h 45 entre 55 et 64 ans. Les jeunes adultes passent plus de temps assis que leurs aînés.
- Plus de la moitié des adultes (53 %) passent 3 h ou plus par jour assis devant un écran. Les Français passent plus de temps assis devant un écran lors des jours de repos (3 h 42) que les jours travaillés (2 h 41).
- Selon les enquêtes réalisées en France, les adultes passent, en moyenne, entre 3 h 20 et 4 h 40 par jour assis devant un écran en dehors du temps de travail (15 à 75 ans).
- Excepté entre 15 et 25 ans, le temps de sédentarité des hommes est plus élevé que celui des femmes : 59 % des hommes et 48 % des femmes passent 3 h/j ou plus assis devant un écran, en dehors du temps de travail.
- Les hommes et les femmes passent en moyenne autant de temps devant la télévision, mais les hommes passent plus de temps devant les écrans d'ordinateur (1 h 12) que les femmes (0 h 50).
- Le temps passé devant la télévision est inversement associé au niveau d'instruction ; on observe l'inverse pour le temps passé devant un ordinateur pendant le temps de loisir.

Lors des jours travaillés, en moyenne 4 h 10/j assis au travail, 1 h 06/j assis dans les transports et 2 h 11/j assis lors de loisirs. Lors des jours non travaillés, le temps passé assis diminuait pour les transports (51 min/j) et augmentait lors des loisirs (3 h 11 h/j).

Le temps passé dans des activités sédentaires variait selon le type d'emploi, les personnes ayant des emplois sédentaires passant plus de temps dans des activités sédentaires en dehors des heures de travail, particulièrement lors des jours travaillés.

3.1.2.3 Femmes en période de grossesse et de post-partum

Peu d'études ont évalué le comportement sédentaire de la femme en période de grossesse et de post-partum. En France, aucune étude n'a été réalisée avec une définition claire de la sédentarité qui permette de la distinguer de l'inactivité physique.

Deux études européennes citées précédemment (3.1.1.4) ont comparé les comportements d'AP et de sédentarité de femmes en période de grossesse à ceux des autres femmes (Gradmark et al. 2011, Löf 2011). Il est apparu que le temps passé dans des activités sédentaires était plus élevé chez les femmes en période de grossesse (Gradmark et al. 2011, Löf 2011). Cette différence peut aller jusqu'à 90 minutes et plus par jour (Löf 2011). Toutefois, l'analyse segmentée du temps passé dans les différentes activités sédentaires (e.g. se coucher, être allongé, être assis) n'a permis d'établir aucune différence significative entre les femmes en période de grossesse et celles qui ne l'étaient pas (Löf 2011). C'est donc le cumul de l'ensemble des activités sédentaires qui déterminerait une différence entre les femmes enceintes et les femmes non enceintes. Cette observation appelle ainsi à la nécessité de privilégier une approche globale des activités sédentaires de la femme en période de grossesse plutôt que de porter le regard sur une activité particulière. De telles études comparatives et analyses détaillées devraient être envisagées dans le contexte français sur des échantillons de plus grande taille avant d'envisager toute généralisation des résultats.

Comparativement à la période post-partum, une étude suisse ayant suivi 27 femmes a montré que le temps passé dans les activités sédentaires était significativement plus élevé pendant la grossesse (1067 ± 106 min contre 998 ± 176 min lors du post-partum ; $p < 0,05$) (Melzer et al. 2009).

La grossesse serait caractérisée par une augmentation des activités sédentaires. Inversement, pendant la période de post-partum, les activités sédentaires de la femme tendraient à régresser. Il semble toutefois nécessaire de disposer de données françaises sur la sédentarité de la femme en période de grossesse.

Description des comportements sédentaires des femmes en période de grossesse et post-partum

- Peu d'études existent sur les comportements sédentaires de la femme en période de grossesse ; aucune étude concernant les femmes françaises n'a été identifiée.
- Les rares données disponibles à l'étranger montrent une augmentation du temps total passé par les femmes dans des activités sédentaires au cours de la grossesse.
- La période post-partum serait caractérisée par une baisse du temps passé dans des activités sédentaires.

3.1.2.4 Personnes âgées de plus de 65 ans

Très peu de données sur le comportement sédentaire des personnes âgées sont disponibles en France. Si nous ne disposons pas d'enquêtes spécifiques menées pour cette population, des données ont parfois été collectées sur une population d'étendue d'âge plus large mais n'ont pas fait l'objet d'un traitement spécifique pour la population âgée de plus de 65 ans.

Dans l'enquête Baromètre santé nutrition 2008, à la question « Combien de temps passez-vous habituellement en position assise ou allongée pendant une journée ? » les personnes âgées de 65 à 75 ans ont déclaré en moyenne 3 h 45 par jour pour les hommes et 3 h 02 minutes par jour pour les femmes (Vuillemin et al. 2009). Ce temps déclaré était le plus faible de toutes les catégories d'âges. La diminution, avec l'âge, du temps passé en position assise a été observée aussi bien chez les hommes que chez les femmes.

Au cours de l'enquête ENNS, le temps quotidien moyen passé devant un écran (télévision ou ordinateur pendant les temps de loisir) était supérieur chez les hommes et femmes de la tranche d'âge 55-74 ans, par rapport aux personnes de 30-54 ans ; 69 % des hommes et 58 % des femmes de 55-74 ans passaient plus de 3 h/j devant un écran, contre 52 % et 38 % des personnes de 30-54 ans. De même, les personnes de plus de 55 ans passaient plus de temps devant la télévision que les hommes et femmes de 30-54 ans (83 et 79 % des hommes et femmes passaient plus de 2 h/j devant la télévision, contre 64 et 60 % pour les plus jeunes). L'enquête INCA 2 (AFSSA 2009) a permis de confirmer que chez les personnes appartenant à la tranche d'âge la plus élevée (55-79 ans), le temps passé devant la télévision augmentait par rapport aux personnes plus jeunes, aussi bien chez les hommes (3 h 24 contre 2 h 11) que chez les femmes (2 h 52 contre 2 h 14). Ce sont en moyenne 71 % des personnes de la tranche d'âge 55-79 ans qui passent plus de 2 h/j devant la télévision, comparativement aux personnes de la tranche d'âge 35-54 ans (54 % passent plus de 2 h/j devant la télévision).

Dans la cohorte SU.VI.MAX. (SUpplementation en Vitamines et Minéraux Antioxydants) (Herberg et al. 1998), le temps passé à regarder la télévision augmentait avec le départ en retraite chez les personnes dont le travail était le moins pénible physiquement (Touvier et al. 2010).

Description des comportements sédentaires des personnes âgées

- Très peu de données sur le comportement sédentaire des personnes âgées sont disponibles en France.
- Dans l'enquête Baromètre santé nutrition 2008, les personnes âgées de 65 à 75 ans ont déclaré un temps passé assis ou allongé de 3 h 45 en moyenne et par jour en ce qui concerne les hommes et de 3 h 02 par jour en ce qui concerne les femmes.
- Les autres enquêtes ayant évalué le comportement sédentaire sur la base du temps passé assis devant un écran montrent que les personnes âgées de 55 à 74 ans passent plus de temps devant la télévision que les personnes plus jeunes.

3.1.2.5 Personnes déclarant une limitation fonctionnelle d'activité (LFA)

En France, aucune étude n'a été identifiée sur les comportements sédentaires des personnes déclarant une limitation fonctionnelle ou d'activité (LFA) : les données disponibles concernent principalement l'inactivité physique, c'est-à-dire le fait de ne pas atteindre les recommandations actuelles en activité physique (OMS), et non pas la sédentarité.

Les comportements sédentaires, définis à la fois par une posture assise (ou couchée) et une dépense énergétique proche de celle de repos, sont toutefois plus compliqués à mesurer chez les personnes ayant une mobilité réduite, les outils et les protocoles de mesure ainsi que les seuils généralement utilisés pour la population générale n'étant pas validés chez ce public (Manns et al. 2012).

A l'étranger, certaines données sur les comportements sédentaires ont été recueillies auprès des personnes LFA. Ces données ont mis en évidence un temps passé à l'état sédentaire supérieur chez les personnes ayant une déficience motrice en comparaison à celles sans déficience. Selon quatre études récentes conduites auprès de la population générale en Australie, au Canada, en Suède et aux Etats Unis, 57 % à 72 % du temps d'éveil étaient consacrés à des comportements sédentaires (Manns et al. 2012). Chez les personnes ayant une déficience motrice, ces temps sont majorés, s'élevant entre 75 et 88 % chez des personnes ayant eu un AVC ou atteintes de sclérose en plaques par exemple (Manns et al. 2012). 90 % de l'activité quotidienne des personnes ayant une déficience motrice sont inférieurs aux seuils limites d'AP reconnus pour les valides (par exemple < 40 pas/min pour les études de comptage de mouvements). Elles devraient donc être considérées comme des activités d'intensité légère (> 1,5 et ≤ 3 METs) ou sédentaires (≤ 1,5 MET), donc comme faisant partie de la part « non-physiquement active » du continuum d'activité chez une personne ordinaire (Manns et al. 2012). Cependant chez les personnes à mobilité réduite ou avançant en âge ces activités peuvent être considérées comme des activités d'intensité modérée, le classement de l'intensité des activités reconnu pour la population générale n'étant pas transposable sans discernement aux personnes LFA.

Une étude conduite auprès des personnes déficientes intellectuelles, dans 14 pays européens, a montré que plus de la moitié (52 %) des participants décrivent leurs temps de loisirs comme des comportements sédentaires : « lire, regarder la télévision, ou autres activités sédentaires » (van Schrojenstein Lantman-de Valk et al. 2007).

Chez les enfants-adolescents présentant une déficience, on observe deux fois plus de risque de passer plus de 4 h/j devant la télévision que chez leurs pairs sans déficience (Rimmer and Rowland 2008, Sallis 2006).

Les conséquences associées à une LFA et les conditions de vie de ce public favorisent les comportements sédentaires. Toutefois, les repères admis dans la population générale pour caractériser les comportements sédentaires ne sont généralement pas transposables chez ce public et peuvent être totalement inadaptés selon la nature et le degré de limitation fonctionnelle. Ceci est particulièrement critique en ce qui concerne les activités sédentaires ou d'intensité faible pour des personnes sans limitation qui pourraient être considérées comme d'intensité plus élevée chez les personnes à mobilité réduite. Des études sont indispensables pour une transposition appropriée à ce public des critères et des seuils validés pour la population générale.

Malgré cela et malgré le manque de données disponibles sur les comportements sédentaires des personnes LFA, on peut conclure que le temps de sédentarité est plus élevé chez les personnes LFA que chez les personnes sans limitation.

Description des comportements sédentaires des personnes LFA

- Peu d'études existent sur les comportements sédentaires des personnes LFA ; aucune étude française n'a été identifiée.
- Le temps consacré à des comportements sédentaires semble supérieur chez les personnes LFA par rapport à la population adulte sans limitation.
- Les loisirs semblent être majoritairement sédentaires (52 %).
- Chez les enfants LFA, le risque de passer plus de 4 heures par jour assis devant un écran est deux fois plus élevé que chez les enfants sans limitation.
- Les outils et méthodes de mesure, comme les seuils d'intensité communément admis pour la population générale, ne sont généralement pas transposables aux personnes LFA.

Description des comportements de sédentarité

Quelle que soit la population considérée, peu d'études ont été réalisées en France permettant de décrire les comportements sédentaires.

Enfants et adolescents

- Les données disponibles portent essentiellement sur le temps passé assis devant un écran : les enfants et adolescents âgés de 3 à 17 ans passent, en moyenne, plus de deux heures par jour assis devant un écran.

Adultes

- Le temps quotidien passé en position assise diffère selon l'âge. Les jeunes adultes passent plus de temps assis que leurs aînés.
- En dehors du temps de travail, les adultes français ont déclaré passer quotidiennement entre 3 h 20 et 4 h 40 assis devant un écran ; ce temps est plus élevé chez les hommes que chez les femmes.

Femmes en période de grossesse ou de post-partum

- Aucune étude concernant les comportements sédentaires des femmes de grossesse ou de post-partum françaises n'a été identifiée.

Personnes âgées de plus de 65 ans

- Les personnes âgées de plus de 65 ans ont déclaré passer plus de 3 heures par jour, en moyenne, assises ou allongées. Ce temps est supérieur chez les hommes comparés aux femmes.

Personnes ayant déclaré une limitation fonctionnelle ou d'activité (LFA)

- Aucune étude concernant les comportements sédentaires des personnes LFA n'a été menée en France.

Conclusion

Il est actuellement difficile de donner des chiffres précis sur les taux de pratique d'activité physique des Français. Cela s'explique par le fait que l'activité physique, dans ses différentes dimensions, est mesurée depuis peu et les études ne sont actuellement pas homogènes (classes d'âge différentes dans les populations ciblées, diversité des méthodes de mesures et d'interprétation des données).

Malgré ces incertitudes, les chiffres montrent qu'en France moins de 37 % des adultes et moins de 32 % des personnes de plus de 65 ans sont considérés comme actifs (au moins 30 minutes d'AP d'intensité modérée au minimum 5 fois par semaine). De même, les enfants sont moins de 34 % à pratiquer une AP tous les jours et moins de 50 % à pratiquer quotidiennement des jeux de plein air. Chez les adolescents de 11 à 14 ans, seuls 12 % des adolescents pratiquent quotidiennement 60 min d'activité physique d'intensité au moins modérée. Chez les adolescents de 15 à 17 ans, 43 % pratiquent au moins 30 minutes d'activité physique d'intensité modérée à élevée. Nous ne disposons actuellement pas de données permettant de connaître la proportion d'adolescents qui atteignent le minimum d'activité physique recommandé par l'OMS pour cet âge.

S'il n'existe que peu de données disponibles chez les personnes LFA, il semble cependant qu'elles pratiquent jusqu'à deux fois moins d'AP que les personnes sans limitation.

En raison de ces données, le groupe de travail considère que la population vivant en France, quelle que soit la tranche d'âge considérée, ne pratique pas assez d'activité physique au vu des recommandations internationales actuelles (OMS).

Concernant la sédentarité, il est difficile de conclure. Le temps mesuré se limite actuellement au temps passé assis devant un écran, ce qui sous-estime très probablement le temps total passé dans des activités sédentaires, notamment dans le cadre du travail, de l'école ou des loisirs. Concernant le temps d'écran, hors temps de travail, les adultes y consacrent quotidiennement entre 3 h 20 et 4 h 40. Plus globalement, les adultes passent au moins 5 heures par jour dans des activités sédentaires. Entre 3 et 17 ans, les jeunes passent en moyenne plus de 2 heures quotidiennes assis face à un écran. Pour les plus de 65 ans, le temps passé assis dans des activités sédentaires, intégrant le temps passé devant un écran, se situe au-delà de 3 heures quotidiennes. Chez les personnes LFA, ce temps passé assis serait supérieur, notamment du fait des activités de loisirs sédentaires plus nombreuses.

3.2 Identification des facteurs associés à l'activité physique et à la sédentarité

La diminution de l'activité physique (AP) est principalement liée à l'industrialisation qui, associée au développement de la mécanisation (Lanningham-Foster et al. 2003), favorise une position assise prolongée et engendre une faible dépense énergétique. En effet, le comportement sédentaire intégré à notre quotidien, tant à domicile, qu'au travail ou lors de nos déplacements, contribue à diminuer notre AP totale. Ainsi, le niveau d'activité de l'Homme peut être caractérisé par une part de comportement actif, en référence à l'AP, et une part de comportement sédentaire.

Ces comportements sont complexes et multifactoriels. Pettee Gabriel et al. (2012), Morrow et al. (2012) ont identifié des facteurs favorisant ou limitant la pratique d'AP ou la sédentarité parmi lesquels des facteurs physiologiques incluant des déterminants génétiques (de Geus et al. 2014, Kelly and Pomp 2013), des facteurs psychologiques, sociaux et environnementaux.

Les facteurs liés à l'environnement comprennent ceux liés à l'environnement physique ou construit/bâti et ceux liés à l'environnement social. L'environnement physique comprend les constructions, l'aménagement du territoire, le système de transport, et intègre l'activité humaine dans cet environnement (Handy et al. 2002, Sallis et al. 2012). L'environnement social inclut les caractéristiques sociales et économiques des lieux de vie (niveau de revenu, réseaux associatifs) qui modulent les pratiques individuelles (McNeill et al. 2006). L'environnement physique interagit avec l'environnement social : par exemple, l'accessibilité des équipements de transport peut influencer l'appartenance ou le maintien au sein d'un réseau social (Macintyre et al. 2002, Diez Roux 2003, Diez Roux 2004, Glanz et al. 2005).

Ce constat incite à porter une attention particulière aux facteurs pouvant expliquer les raisons pour lesquelles certaines personnes sont plus actives que d'autres (Bauman et al. 2012). L'identification et la compréhension des facteurs permettant d'expliquer les comportements actifs et sédentaires sont d'une importance majeure pour développer et améliorer les interventions de santé publique visant à promouvoir l'AP ou à limiter le temps de sédentarité. Ces facteurs peuvent varier selon le contexte dans lequel ces comportements sont mis en œuvre ou selon des caractéristiques sociales ou économiques des individus. Les recherches menées par le groupe de travail ont mis en avant la difficulté, dans les études, de distinguer facteurs associés et déterminants. Lorsqu'une relation avec la pratique d'AP ou le temps de sédentarité a été identifiée, sans toutefois qu'un lien causal n'ait été démontré, ces facteurs sont considérés comme des « facteurs associés ». Lorsqu'une relation causale a été confirmée, ces facteurs sont qualifiés de « déterminants » (Bauman et al. 2012). Dans la mesure du possible, dans la suite de ce chapitre, les termes facteurs associés et déterminants seront utilisés en suivant la distinction proposée par ces auteurs.

3.2.1 Facteurs associés à la pratique d'activité physique

Les modèles socio-écologiques suggèrent que les comportements, comme l'AP, sont influencés à des niveaux multiples dont le niveau intrapersonnel (biologique, psychologique), interpersonnel (social, culturel) et organisationnel, la communauté, l'environnement physique et politique. Ces approches ont également souligné l'importance des inter-relations entre les individus, leur environnement et les effets ultérieurs sur le comportement.

Bauman et al. (2012) ont proposé un modèle multiniveaux qui présente les types de facteurs susceptibles de favoriser ou freiner la pratique d'une AP au cours de la vie. Ce modèle écologique prend en compte les interactions entre les individus et leurs environnements physique et social, et distingue les facteurs individuels, interpersonnels, environnementaux

et politiques pouvant influencer sur le niveau d'AP (Figure 17). Le groupe souhaite attirer l'attention sur le fait que ce modèle, typiquement nord-américain, n'intègre pas le volet socio-économique ; par ailleurs considéré dans ce rapport.

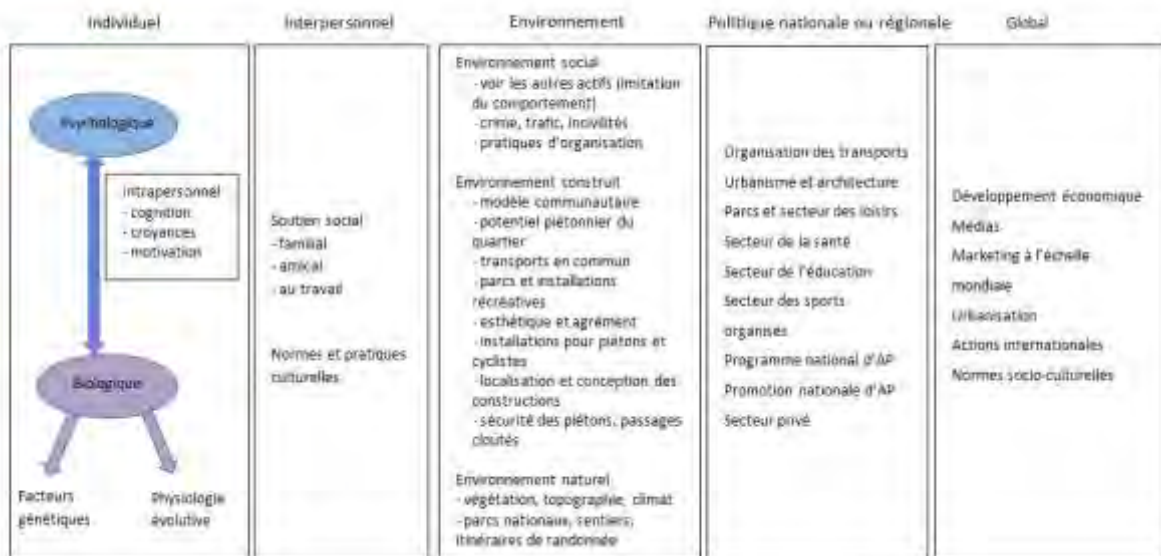


Figure 17. Modèle écologique des déterminants de l'activité physique (adapté de Bauman et al. 2012).

3.2.1.1 Enfants et adolescents

Les facteurs contribuant à l'initiation et au maintien d'une AP régulière chez l'enfant et l'adolescent sont généralement regroupés en facteurs démographiques, psychosociaux, environnementaux et physiologiques/biologiques (Sallis et al. 2000, Welk 1999).

3.2.1.1.1 Influences de l'âge, du sexe et interactions avec la maturité biologique

L'âge et le sexe sont les facteurs démographiques les plus couramment mis en relation avec le niveau d'AP des enfants. Plusieurs études ont montré que l'enfance est marquée par une AP plus importante que les autres stades de développement (Ness et al. 2007, Riddoch et al. 2004, Trost et al. 2002, Verschuur and Kemper 1985). Un déclin a ensuite été rapporté à partir de l'adolescence (Thompson et al. 2003, Trost et al. 2002, Verschuur and Kemper 1985).

En ce qui concerne l'influence du sexe, la plupart des études a rapporté que les garçons étaient plus actifs que les filles quel que soit l'âge (Armstrong and Bray 1991, Falgairette et al. 1996, Ness et al. 2007, Riddoch et al. 2004, Trost et al. 2002). Les garçons seraient approximativement 20 % plus actifs que les filles, avec des niveaux de baisse annuelle variant de 1,8 % à 2,7 % entre 10 et 17 ans, contre 2,6 % à 7,4 % chez les filles (Sallis 1993).

Certains facteurs biologiques semblent participer à ce dimorphisme sexuel, s'ajoutant aux facteurs socioculturels. En l'occurrence, Thompson et al. (2003) ont observé une disparition des différences sexuelles dans l'AP auto-rapportée en ajustant les données sur l'âge biologique des enfants défini comme l'âge estimé au pic de croissance pubertaire et obtenu à partir de mesures anthropométriques. Ces auteurs ont montré qu'à l'exception du groupe d'enfants situés à 3 ans de l'âge du pic de croissance pubertaire (où les garçons restaient plus actifs que les filles), les garçons et les filles d'âges biologiques identiques avaient le même niveau d'AP. Ce résultat a été confirmé avec des mesures objectives de l'activité physique habituelle (APH) des enfants (Sherar et al. 2007). Néanmoins, que ce soit en

fonction de l'âge chronologique ou de l'âge biologique, le niveau d'AP décroît quel que soit le sexe de l'enfant (Thompson et al. 2003). Le niveau de maturité pubertaire des enfants apparaît ainsi comme un facteur clé que l'on ne peut ignorer lors du développement de programmes de promotion de l'AP, durant leur mise en œuvre ainsi que dans l'analyse de leurs effets.

Enfin, l'observation selon laquelle l'adiposité des enfants serait associée à une maturation précoce, notamment chez les filles (Biro et al. 2006, Wattigney et al. 1999), complexifie la compréhension des relations entre l'AP des filles, leur statut pondéral et leur degré de maturité, lors de la comparaison au sexe opposé. En effet, on ne sait pas si la baisse d'AP constatée chez les enfants biologiquement précoces est secondaire ou antérieure à l'installation d'une surcharge pondérale. Une clarification des liens de causalité éventuels entre la maturité d'une part, et le poids et la composition corporelle des enfants d'autre part semble nécessaire (Kaplowitz et al. 2001, Must et al. 2005).

La pratique d'activité physique varie selon l'âge et le sexe. Ainsi, l'avancée en âge et le sexe féminin sont associés à une moindre pratique. Chez les enfants dont le niveau de maturité pubertaire est particulièrement avancé pour leur âge, particulièrement chez les filles, un suivi devrait être envisagé de manière précoce (Must et al. 2005).

3.2.1.1.2 Influences psychosociales

L'analyse des déterminants psychosociaux de l'APH de l'enfant a été construite à partir des théories cognitivo-comportementalistes : théorie de l'apprentissage social cognitif, de l'action raisonnée et du comportement planifié, modèle de la rechute préventive, transthéorique et social écologique et, plus récemment, théorie de l'auto-détermination. D'un point de vue pratique, les éléments intégrés par ces courants théoriques se combinent pour produire le comportement d'AP.

Les données de la littérature ont rapporté une association positive fréquemment reproductible entre le concept d'auto-efficacité et un niveau élevé d'AP (Allison et al. 1999, Reynolds et al. 1990, Strauss et al. 2001, Trost et al. 1999). Bandura (1986) a caractérisé le concept d'auto-efficacité comme la confiance de l'enfant dans ses capacités à réaliser une AP. La compétence physique perçue, l'estime de soi (Sallis et al. 2000, Strauss et al. 2001) et le contrôle comportemental perçu influencent également positivement l'AP des enfants.

En revanche, des résultats contrastés ont été rapportés quant à l'influence des croyances et normes subjectives. Strauss et al. (2001) n'ont pas mis en évidence de relation significative entre l'AP objectivement mesurée et les croyances en ses effets bénéfiques alors que Trost et al. (1999) ont rapporté que ces mêmes croyances pourraient influencer la propension des filles à pratiquer. Certaines études ont par ailleurs indiqué que parmi les croyances positives à l'égard de l'AP le fait de l'associer au plaisir est un des éléments essentiels déterminant la pratique (Borra et al. 1995, Stuckey-Ropp and DiLorenzo 1993).

En résumé, l'auto-efficacité, l'estime de soi et le plaisir retiré de la pratique physique constituent les principaux facteurs psychosociaux identifiés dans la littérature comme associés à l'engagement de l'enfant dans l'AP. Il est donc souhaitable d'accorder une place particulière au renforcement de ces facteurs psychosociaux afin d'espérer des effets bénéfiques et durables des programmes de promotion de la santé.

L'influence des croyances et des normes subjectives est encore méconnue.

3.2.1.1.3 Influences de l'environnement social

Les facteurs associés à l'influence de l'environnement physique sont développés dans le point 4.2.1.6 *Facteurs associés spécifiques à l'environnement*.

En ce qui concerne l'environnement social, les enfants dont les parents sont actifs auraient six fois plus de probabilité de l'être comparativement à ceux dont les deux parents ne pratiquent pas d'AP (Moore et al. 1991). Si certains résultats n'ont pas confirmé le rôle du modèle parental (Sallis et al. 2000, Trost et al. 2003), il semble en revanche que l'encouragement des parents agit directement ou indirectement au travers de son influence sur l'auto-efficacité de l'enfant. Trost et al. (2003) ont ainsi indiqué que l'AP des parents (modèle parental) n'est pas de nature à aider l'enfant à surmonter les obstacles essentiels à son activité physique habituelle (APH), à savoir des habiletés motrices faibles, le contact avec des pairs inactifs ou l'éloignement des pairs actifs et le fait de ne pas être conduits sur des lieux propices à l'AP. Néanmoins, le modèle parental a été identifié comme un modérateur d'éventuelles disparités dues au statut socioéconomique (SES) dans les pratiques physiques structurées de l'enfant (Wagner et al. 2004).

Un autre élément en lien avec l'environnement social est la relation des enfants avec leurs pairs. L'importance de l'influence des pairs serait plus forte chez les garçons que chez les filles et expliquerait en partie le déclin d'AP chez ces dernières à l'adolescence (Kohl and Hobbs 1998).

Un encouragement parental approprié est susceptible de renforcer l'engagement de l'enfant.

3.2.1.1.4 Influence du statut économique et social

Le statut économique et social (SES) présente d'évidentes relations avec l'environnement familial. En effet, la composition, la structure et les caractéristiques économiques de la famille sont associées à des phénomènes de ségrégation socio-spatiale qui présentent un lien direct avec le SES.

L'influence directe du SES sur l'APH de l'enfant est assez bien documentée mais les données existantes ne sont pas consensuelles. Certaines études ont indiqué que les garçons issus d'un milieu familial défavorisé sont plus actifs que ceux des milieux plus favorisés, sans que ceci ne soit vérifié chez les filles (Fuchs et al. 1988, Harrell et al. 1997, O'Loughlin et al. 1999). D'autres études ont rapporté que les enfants de milieux défavorisés sont moins actifs que leurs condisciples de milieux favorisés (McVeigh et al. 2004, Mur de Frenne et al. 1997, Sallis et al. 1996). Zinnecker (1995) a montré que le fait que les revenus et niveaux d'éducation élevés des parents coïncident avec des attitudes positives par rapport à la valeur d'une AP pendant les moments de loisir. En revanche, l'étude HELENA a montré que, bien qu'il puisse exister une relation positive entre le niveau de revenu des familles et le temps passé dans les APME par les adolescents, cette relation est essentiellement contrôlée par des facteurs psychosociaux (i.e., étape de changement du comportement, bénéfices attendus, barrières perçues, auto-efficacité, prise de conscience, environnement) à l'exception des attitudes (De Cocker et al. 2012). Il convient de souligner que, dans cette étude, l'AP a été évaluée par un questionnaire. Dans la plupart des cas, ces études n'ont toutefois ni estimé l'APH de manière objective, ni individualisé la détermination du SES des enfants et sont de ce fait peu exploitables.

Concernant l'approche « objective » de l'APH des enfants, une étude nord-américaine récente a renforcé des interrogations concernant les relations entre l'AP des enfants et le SES (Drenowatz et al. 2010). Les auteurs ont indiqué, dans une première partie, que le nombre de pas quotidiens différait significativement en fonction du SES, les enfants de SES défavorisé réalisant environ 10 500 pas/j contre 12 000 pas/j pour les enfants de SES favorisé. La prise en compte de l'IMC a cependant effacé cette différence. En outre, dans cette même étude, la relation entre l'AP évaluée par accélérométrie et le SES est apparue

comme une fonction du seuil utilisé pour définir les APME. Les auteurs en ont conclu que les enfants issus de SES défavorisé tendant à atteindre un niveau d'AP plus faible seraient plus sédentaires. Néanmoins, la prévalence d'un IMC élevé chez les enfants de SES défavorisé pourrait être le modulateur principal de ces relations. Une étude française récente menée dans un milieu défavorisé du département du Nord n'a pas permis de mettre en évidence de lien entre le SES et l'atteinte des recommandations par des enfants dont l'AP était évaluée par accélérométrie (Apété et al. 2012).

En France, au moyen d'une mesure objective de l'APH des enfants et en considérant les caractéristiques socioéconomiques propres à chaque famille, Melin et al. (2003) ont rapporté que les enfants de milieux défavorisés présentaient un niveau d'AP plus élevé que leurs pairs favorisés. Les auteurs ont expliqué cette différence par le temps plus long passé à l'extérieur par les enfants de faible niveau socio-économique habitant dans des appartements de petite taille et vivant en chambre commune avec leur fratrie. La possibilité de jouer à l'extérieur des appartements serait alors le facteur favorisant la propension de ces enfants à des AP de la vie courante. Il convient de préciser également que les villes françaises sont dotées d'un réseau d'aires de jeux autour des habitats publics, ce qui peut constituer un facteur explicatif supplémentaire. Ces aménagements pourraient constituer un facteur de correction ou d'atténuation des disparités sociales en France. Concernant les AP structurées (sport en club/association sportive), Wagner et al. (2004) ont observé des relations positives entre la participation de l'enfant et le niveau d'éducation ou le SES des parents. Ces résultats suggèrent l'idée d'un déterminisme économique ou social concernant les AP structurées.

Compte tenu, à la fois des différences méthodologiques pour évaluer l'AP (cardiofréquencemétrie contre questionnaire) et du type d'AP considéré (mesure globale contre AP structurée), les études de Melin et Wagner doivent être comparées avec prudence.

Chez les adolescents, une revue systématique a examiné l'hypothèse d'un déterminisme socio-économique de l'AP (Stalsberg and Pedersen 2010). Ces auteurs ont montré que les adolescents issus d'un SES favorisé présentaient un niveau d'AP plus élevé que leurs pairs des couches économiques plus faibles. En revanche, cette revue comporte des faiblesses méthodologiques non négligeables et l'un des biais majeurs de cette analyse concerne la définition accordée à « l'activité physique » par rapport à « l'exercice physique » (Palma and Assis 2011). Cette étude a conclu à une relation positive entre la pratique d'exercices physiques, en tant qu'activité sportive, et le SES élevé alors qu'il existe une relation inverse entre l'AP et le SES élevé (Palma and Assis 2011).

En outre, l'APH de l'enfant est souvent non structurée (périodes de récréation scolaire, modes de transport, jeux entre pairs) et potentiellement compensatoire (les enfants sportifs auraient tendance à compenser le temps passé dans des pratiques sportives par une baisse de leur activité spontanée (Falgairette et al. 1996). Ainsi, l'influence socioéconomique pourrait être atténuée en considérant le comportement d'AP dans sa globalité. A ce propos, des études britanniques de grande ampleur ont confirmé l'absence de relation entre le SES et l'APH des enfants objectivement évaluée (Kelly et al. 2006, Voss et al. 2008). Même si les contextes culturels sont différents, cette observation semble transposable à la France. C'est d'ailleurs à cette même conclusion qu'une récente étude portant sur des enfants de 6 à 11 ans du Nord de la France est parvenue (Apété et al. 2012). Par ailleurs, parmi les études recensées pour cette revue systématique, seules deux études avaient évalué l'AP par une technique objective. Ces études ont abouti à des résultats contrastés. D'une part, aucune relation n'est observée au sein d'une cohorte de plus de 2500 enfants de 6-19 ans entre l'AP et le SES. D'autre part, dans une étude longitudinale, une tendance à la baisse de l'AP à 14-16 ans chez les enfants des classes moyennes et élevées a été soulignée par rapport aux enfants issus de SES faible.

Tant en France qu'à l'étranger, en raison des modalités méthodologiques variables, l'impact réel du seul SES sur l'AP des enfants et des adolescents ne peut être déterminé avec un fort niveau de preuve. Il semble que son influence soit modulée par d'autres variables parmi lesquelles figure l'environnement physique et social.

3.2.1.1.5 Influence des facteurs physiologiques

Bien que la condition physique en lien avec la santé intègre la composition corporelle, la force et l'endurance musculaire, la souplesse, l'aptitude cardio-respiratoire et les composantes métaboliques (Bouchard and Shephard 1994, Pangrazi and Franks 2000, Howley 2001), l'identification de ses relations avec l'AP ont davantage impliqué la mesure de la composition corporelle et de l'aptitude cardio-respiratoire que celles les autres paramètres. La relative facilité d'évaluation de ces deux paramètres en pratique courante pourrait expliquer cette situation, de même que la présomption du niveau d'aptitude aérobie en tant que meilleur indicateur de la forme cardio-respiratoire (l'aptitude aérobie mimerait les effets produits par une amélioration ou une baisse des autres composantes). Ortega et al. (2008) ont récemment observé que la condition physique était un marqueur puissant de la santé des enfants, l'aptitude aérobie étant l'indicateur le plus souvent rapporté comme étant en relation significative avec différents événements de santé (adiposité/obésité, facteurs de risque cardiovasculaire, cancers et santé mentale).

Dans une perspective de promotion de l'AP et d'amélioration de la condition physique des enfants, Ortega et al. (2008) ont recommandé d'associer à l'évaluation et au développement de l'aptitude aérobie ceux de la force musculaire et de l'agilité/vitesse, afin d'améliorer la santé musculaire et osseuse. Toutefois, il est probable que l'aptitude aérobie soit l'indicateur d'aptitude physique le plus corrélé avec l'APH. En effet, une bonne aptitude aérobie pourrait augurer d'une certaine aisance à entreprendre les activités de la vie courante sans difficulté majeure, même s'il convient de garder à l'esprit que ces relations restent complexes. En référence à la littérature actuelle basée sur des mesures objectives de l'AP des enfants, une relation linéaire certes faible, mais retrouvée dans plusieurs études associe les deux paramètres (Dencker et al. 2008, Morrow and Freedson 1994, Pate et al. 1990, Rowlands et al. 1999). Des niveaux d'AP d'intensité ≥ 6 METs (i.e. au minimum une marche rapide, soit une vitesse de déplacement d'environ 5 km/h pour un enfant de 10 ans) et réalisés pendant 60 minutes par jour seraient associés à une aptitude aérobie supérieure, indépendamment du statut pondéral de l'enfant (Ortega et al. 2008).

Au niveau des facteurs physiologiques, ce sont les qualités aérobies qui ont été le plus analysées. Les données relativement rares collectées chez les enfants tendent à montrer l'existence d'une relation positive, faible, entre l'AP et l'aptitude aérobie, le lien de causalité n'ayant toutefois pas été identifié.

3.2.1.1.6 Bases biologiques et génétiques de l'activité physique

Rowland (1998) a montré que le niveau d'AP dépendait aussi de facteurs biologiques constitutionnels. Des données plus récentes ont apporté des éclairages supplémentaires, considérant que l'influence des facteurs biologiques par rapport aux facteurs exogènes environnementaux et psychosociaux reste à déterminer. Par exemple, Roemmich et al. (2008) ont rapporté que la motivation des enfants à l'AP pourrait être influencée par de multiples facteurs neurobiologiques. Il semble à cet effet qu'une sensibilité dopaminergique accrue caractérisée par la combinaison d'une densité de récepteurs dopamine D2 (DRD2), une libération synaptique de dopamine et une baisse de sa recaptation synaptique soient de nature à renforcer l'AP chez les enfants (Roemmich et al. 2008). Simonen et al. (2003) ont trouvé une influence du polymorphisme du gène du DRD2 sur l'AP des femmes. Ces mêmes auteurs ont été les premiers à identifier trois gènes potentiels (SPG4 2p22-p16 ; Striatin, D2S2347-D2S2305 ; Endothelin B receptor, 13q22-q31) qui contribuent à expliquer la

variabilité de l'APH. Ils ont rapporté une héritabilité maximale respectivement de 16 % et 19 % pour l'APME et l'AP totale (Simonen et al. 2002). L'héritabilité de l'APH varierait entre 20 et 60 % (Pérusse 2004) ou s'élèverait à 29 % pour certains auteurs (Bouchard and Perusse 1994). D'autres études utilisant des moyens objectifs d'évaluation de l'APH, avec des protocoles plus affinés, sont nécessaires pour déterminer la contribution relative des facteurs génétiques et biologiques à l'APH des enfants. Des données plus récentes issues d'études portant sur plus de 37 000 paires de jumeaux semblent indiquer que l'héritabilité médiane à la pratique physique est de 62 % (rang : 27 - 70 %) (Stubbe et al. 2006). Ce phénomène a été confirmé chez l'adulte.

Enfin, le système des opioïdes pourrait jouer un rôle dans la réduction de la douleur lors d'APME (Benezech 2005). La prise en compte de ce système pourrait déboucher sur des applications très utiles pour les programmes de prévention et de prise en charge du surpoids et de l'obésité infantile : une augmentation du seuil de sensibilité à la douleur basée sur un engagement progressif dans une AP peut engendrer un cercle « vertueux ». La gestion relative de la pénibilité de l'effort pourra alors s'accompagner d'une augmentation raisonnée de la charge de travail demandée. La cotation de la perception de l'effort associée à la mesure d'indices physiologiques telle que la fréquence cardiaque peut aider à la prise en compte simultanée de la perception de l'effort par l'enfant et l'évaluation objective de sa progression jusqu'à l'atteinte d'un niveau stable.

Il existerait donc un déterminisme biologique ou génétique de la pratique régulière de l'AP qui mérite des études plus approfondies.

3.2.1.1.7 Habiletés motrices

Les compétences motrices ou habiletés motrices fondamentales influenceraient fortement la participation des jeunes à une AP régulière (Trost 2005). Néanmoins, très peu d'études ont analysé cette association. Les données existantes, issues d'études transversales, ont suggéré une association faible à modérée entre l'AP et les compétences motrices. Fisher et al. (Fisher et al. 2004) ont rapporté un coefficient de corrélation de 0,18 ($p < 0,001$) entre les habiletés fondamentales et une mesure objective de l'AP totale et du temps passé dans les APME. Une corrélation de 0,30 ($p < 0,05$) entre les habiletés motrices et les APME a été estimée dans une étude plus récente (Wrotniak et al. 2006). Selon ces auteurs, un seuil de compétence motrice à partir duquel la relation avec l'AP deviendrait élevée pourrait exister, comme en témoignent les écarts d'AP observés entre les enfants du quartile le plus élevé d'habileté motrice et ceux du quartile le plus bas. Dans une étude d'intervention réalisée chez des enfants de 7 à 10 ans, van Beurden et al. (2003) ont néanmoins rapporté une amélioration des habiletés fondamentales sans augmentation consécutive du temps passé dans les APME. Par ailleurs, les études prospectives longitudinales n'ont pas permis d'aboutir à la conclusion d'une relation causale définitive entre ces deux paramètres (Sallis et al. 1992).

Dans la perspective de promouvoir l'AP chez les enfants en surpoids/obèses en particulier, le développement des habiletés motrices ne peut être négligé. Ce facteur pourrait être utilisé comme un intermédiaire de choix pour initier un engagement progressif dans une AP. En effet, la maîtrise des habiletés motrices pourrait d'une part participer au renforcement de l'efficacité personnelle et de la compétence physique perçue de l'enfant. D'autre part, outre la moindre coordination des enfants en excès pondéral par rapport à leurs pairs minces (Graf et al. 2004, Petrolini et al. 1995), certaines données ont indiqué que les enfants dans les plus hautes valeurs d'indice de masse corporelle (IMC) ont des compétences motrices plus faibles (Wrotniak et al. 2006). Ils sont proportionnellement moins nombreux à se sentir compétents dans la pratique des activités physiques et sportives (Cloes et al. 2007). Du fait de l'association positive observée de façon récurrente entre les habiletés motrices et l'AP, il conviendrait de favoriser un développement systématique des habiletés motrices chez les enfants en surpoids/obésité. En ce sens, Morgan et al. (Morgan et al. 2008) ont montré que

près de 25 % de la variance de l'AP d'enfants obèses seraient expliqués par les habiletés motrices axées sur la manipulation d'objets (frapper, dribbler). De plus, le développement des habiletés motrices pourrait, de façon indirecte, inciter l'engagement de l'enfant dans une pratique physique durable par le biais d'une auto-efficacité et d'une confiance sustentées.

Le niveau d'habileté motrice des jeunes présente probablement une relation directe avec leur participation à des AP. Ce lien s'appuierait notamment sur le sentiment de compétence qui renforcerait la motivation. Cette relation prend une importance particulièrement nette chez les enfants en surpoids ou obèses.

3.2.1.1.8 Facteurs environnementaux

L'environnement physique aurait une forte incidence sur le niveau d'AP des enfants et des adolescents. Les facteurs tels que les occasions de pratiquer une AP, le temps passé en dehors de la maison, l'accès aux espaces de jeu et la disponibilité des équipements, de même que les aménagements des logements ont été identifiés parmi les déterminants les plus pertinents (Klesges et al. 1996, Sallis et al. 1993, Sallis et al. 1999). Parmi ces facteurs, le temps passé à l'extérieur a été fortement et positivement corrélé au niveau d'APH (Baranowski et al. 1993, Klesges et al. 1990). En raison de cette relation, la sécurité du voisinage doit être prise en considération et, particulièrement chez les filles, la violence perçue peut constituer une entrave importante aux activités de plein air (Gomez et al. 2004). De même, Weir et al. ont montré que, dans les quartiers défavorisés, l'anxiété des parents en rapport avec l'insécurité perçue est de nature à les amener à restreindre l'AP de leurs enfants hors du domicile (Weir et al. 2006). Certains auteurs estiment que l'aspect esthétique et l'accessibilité aux équipements de voisinage favorisent l'AP chez les enfants et adolescents.. Evenson et al. (2007) ont révélé que, pour les filles, le fait de voir des marcheurs et cyclistes dans les rues du voisinage, le faible taux de délits, la rencontre d'autres enfants actifs dans son voisinage, la disponibilité de voies piétonnes et pistes cyclables et l'accessibilité aux équipements sont associés à un indice de corpulence faible.

Les facteurs environnementaux associés à l'AP sont le potentiel piétonnier du quartier, la sécurité du trafic (faible densité, sécurité perçue et route sécurisée), l'accessibilité/proximité des installations de loisirs, la diversité des destinations et la densité résidentielle, chez les enfants et la diversité des destinations et la densité résidentielle chez les adolescents (de Vet et al. 2011, Ding et al. 2011).

Chez les jeunes (5-18 ans), les facteurs associés au transport actif sont la sécurité, les interactions sociales, les distances courtes et les installations favorisant la marche et le vélo (Jenna et al. 2008).

Il a également été montré que les équipements de jeu dans les cours de récréation favorisent l'AP des enfants (Broekhuizen et al. 2014).

Facteurs associés à la pratique d'activité physique des enfants et des adolescents**Facteurs associés à la pratique d'activité physique**

- Démographiques et biologiques : l'âge (l'enfance par opposition à l'adolescence) et le sexe masculin.
- Psychosociaux : un niveau élevé d'auto-efficacité, de compétence physique perçue ou une bonne image de soi.
- Des habiletés motrices élevées.
- Ceux liés à l'environnement social des parents qui pratiquent ou encouragent, favorisent la pratique et permettraient de limiter l'influence de l'environnement socio-économique.
- Le contexte socio-économique des familles présente des liens assez contrastés avec l'inclination des enfants et adolescents à adopter un style de vie physiquement actif.

Concernant l'environnement :

- Chez les 5-18 ans : un temps élevé passé à l'extérieur, des équipements accessibles (proximité et disponibilité) et des équipements de jeu dans les cours de récréation. Les facteurs associés au transport actif sont la sécurité, les interactions sociales, les distances courtes et les installations favorisant la marche et le vélo.
- Chez les enfants : le potentiel piétonnier du quartier, la sécurité du trafic, l'accessibilité/proximité des installations de loisirs, la diversité des destinations et la densité résidentielle.
- Chez les adolescents : la diversité des destinations et la densité résidentielle

Facteurs associés à la non-pratique d'activité physique

- L'IMC et une maturité biologique précoce, plus que l'avancée en âge.
- La sécurité du voisinage, perçue dans l'environnement par les parents et les enfants, particulièrement par les filles.

3.2.1.2 Adultes

Des études ont rapporté une baisse du niveau d'AP au cours de la transition de l'adolescence vers l'âge adulte (Telama et Yang 2000, Tammelin 2005, Zick et al. 2007). Inversement, le passage à la retraite serait accompagné d'une augmentation de l'AP (Engberg et al. 2012).

Différentes revues de synthèse sur la population adulte sont disponibles. Certaines sont générales (Trost et al. 2002) ou se rapportent à l'environnement dans son ensemble (Duncan et al. 2005a, Humpel 2002, McCormack and Shiell 2011, Wendel-Vos et al. 2007). D'autres sont plus spécifiques à un domaine comme le travail (Kaewthummanukul and Brown 2006, Kirk and Rhodes 2011) ou les transports (Jenna Rachel Panter and Jones 2010a), voire s'intéressent à une activité en particulier, notamment la marche (Owen et al. 2004, Saelens and Handy 2008). La plupart ne permet pas d'identifier des déterminants mais seulement des associations.

3.2.1.2.1 Facteurs démographiques et biologiques

L'âge (plus jeune), le genre (masculin), le niveau d'éducation (plus élevé), l'origine ethnique (caucasienne), le poids corporel (plus faible), l'effort perçu (moins pénible), les soutiens sociaux et l'état de santé ont été identifiés comme des facteurs associés positivement à l'AP (Kaewthummanukul and Brown 2006, Trost et al. 2002).

3.2.1.2.2 Facteurs génétiques

Le rôle joué par l'héritabilité génétique dans les relations entre niveau d'AP (ou de sédentarité) et pathologies chroniques peut être envisagé à 2 niveaux, celui de l'influence du patrimoine génétique d'une part sur le niveau de pratique de l'AP et, d'autre part, sur les réponses physiologiques à l'AP régulière.

3.2.1.2.2.1 Prédisposition génétique et activité physique spontanée

De multiples facteurs ont été associés à la pratique spontanée de l'AP, à la motivation à adopter un mode de vie actif, dont des facteurs psychologiques, sociaux, démographiques, liés à l'environnement bâti, etc. mais le rôle joué par le patrimoine génétique sur le niveau de pratique de l'AP reste très peu étudié. Chez l'Homme, des observations régulières ont pu montrer que les enfants de parents actifs sont eux-mêmes spontanément actifs, et ce indépendamment de l'environnement familial (Moore et al. 1991). Des expérimentations plus rares, ont permis d'attribuer chez l'Homme, un poids très variable à l'héritage génétique pour le niveau de pratique de l'AP (Herring et al. 2014). Quelques gènes candidats, encore en nombre restreint, ont été proposés afin d'expliquer les différences dans les niveaux de pratique de l'AP. Il s'agit par exemple du gène codant pour le récepteur de la leptine (Stefan et al. 2002).

Des preuves expérimentales du rôle joué par l'empreinte génétique sur le niveau de pratique de l'AP ont également été apportées par la production naturelle de colonies de rongeurs spontanément très actifs ou faiblement actifs, après accouplement d'animaux soit spontanément actifs, soit inactifs (Koteja et al. 1999, Swallow et al. 1999). On a ainsi pu montrer qu'à la 8-10^{ème} génération, les animaux spontanément actifs présentent des signes de stress lorsque l'accès aux roues d'activité leur est limité (Rhodes et al. 2003). A partir de ces expérimentations sur modèles animaux, plusieurs gènes candidats ont été évoqués, impliqués dans le métabolisme énergétique et les fonctions des catécholamines centrales (dont la dopamine), de la sérotonine, du BDNF (facteur neurotrophique issu du cerveau), ou dans d'autres régulations systémiques (Herring et al. 2014). De nombreux gènes codant pour des acteurs du métabolisme de ces neuromédiateurs et facteurs de croissance sont

des gènes candidats à la motivation à être actif, ces facteurs neurobiologiques jouant un rôle important dans le réseau complexe des circuits neuronaux de la récompense (Nestler et al. 2006, Seymour et al. 2012). Plus récemment, une étude de cartographie génique a permis d'identifier 6 autres gènes qui semblent être impliqués dans le comportement spontanément actif (Kelly et al. 2012).

3.2.1.2.2.2 Prédisposition génétique et réponses physiologiques à l'activité physique

Le niveau de réponse individuelle à une activité physique régulière constitue aussi un facteur facilitateur (ou un facteur limitant, suivant le delta observé des réponses physiologiques). Depuis la fin des années 1980 et les premiers résultats de l'étude HERITAGE, des données expérimentales sont régulièrement venues confirmer l'existence d'une forte variabilité interindividuelle des réponses à un programme d'activité physique (Bouchard 2012, Mann et al. 2014). Après avoir recruté 480 sujets de 98 familles différentes, répartis sur 2 générations, les auteurs montrent que la variabilité de la réponse de $VO_2\text{max}$ à un programme d'AP calibré est 2,5 fois plus élevée entre les familles qu'au sein d'une même famille (Bouchard et al. 1999). C'est l'une des premières démonstrations expérimentales de la variabilité de la réponse à l'entraînement d'origine génétique. D'autres études réalisées chez des jumeaux monozygotes ont montré qu'à l'issue d'un entraînement individualisé et programmé, la variabilité des réponses physiologiques était plus forte entre les paires de jumeaux qu'entre les jumeaux eux-mêmes (Hamel et al. 1986).

L'analyse des déterminants géniques de cette variabilité constitue un thème de recherche fondamental afin de définir les sujets répondeurs à l'AP, ceux qui le sont moins, et d'envisager des programmes d'AP personnalisés. Une première approche du support génétique de la variabilité des réponses à un entraînement en endurance a permis d'identifier 21 gènes présentant un polymorphisme qui expliquent approximativement 50 % de la variance des gains de $VO_2\text{max}$ en réponse à un entraînement (Bouchard et al. 2011). De nombreuses expérimentations ont suggéré que l'étendue des réponses physiologiques à un entraînement programmé dépend en partie de valeurs physiologiques de base, elles-mêmes sous l'influence de déterminants génétiques ; c'est pourquoi le rôle de la génétique dans les réponses à l'entraînement doit être envisagé après correction par l'hétérogénéité des valeurs basales. Ainsi, en appliquant ce type de correction, le patrimoine génétique permet d'expliquer 47 % de la réponse adaptative de $VO_2\text{max}$ à l'entraînement et 22 % de la réponse du seuil ventilatoire (Bouchard et al. 1999, Gaskill et al. 2001) (Figure 18).

Une telle variabilité a aussi été démontrée en réponse à un programme normalisé de renforcement musculaire (Hubal et al. 2005). Après avoir mesuré les réponses de 342 femmes et 243 hommes à un programme de musculation de 12 semaines, l'augmentation de la masse musculaire varie de -2 à +59 % suivant les sujets, le gain de force dynamique varie de 0 à +250 % et celui de force maximale isométrique de -32 à +149 %.

La variabilité de réponse à un entraînement à visée cardiorespiratoire est aussi retrouvée chez les sujets âgés. Alors que cette notion reste très controversée chez les adultes, le génotype I/D du gène codant l'enzyme de conversion de l'angiotensine (ACE) influe sur l'étendue des réponses fonctionnelles à un entraînement à visée cardiorespiratoire (Buford et al. 2014).

Depuis ces premières études, les gènes candidats à l'explication de la variabilité génétique se sont multipliés et une mise au point des dernières données est publiée tous les ans (Loos et al. 2015).

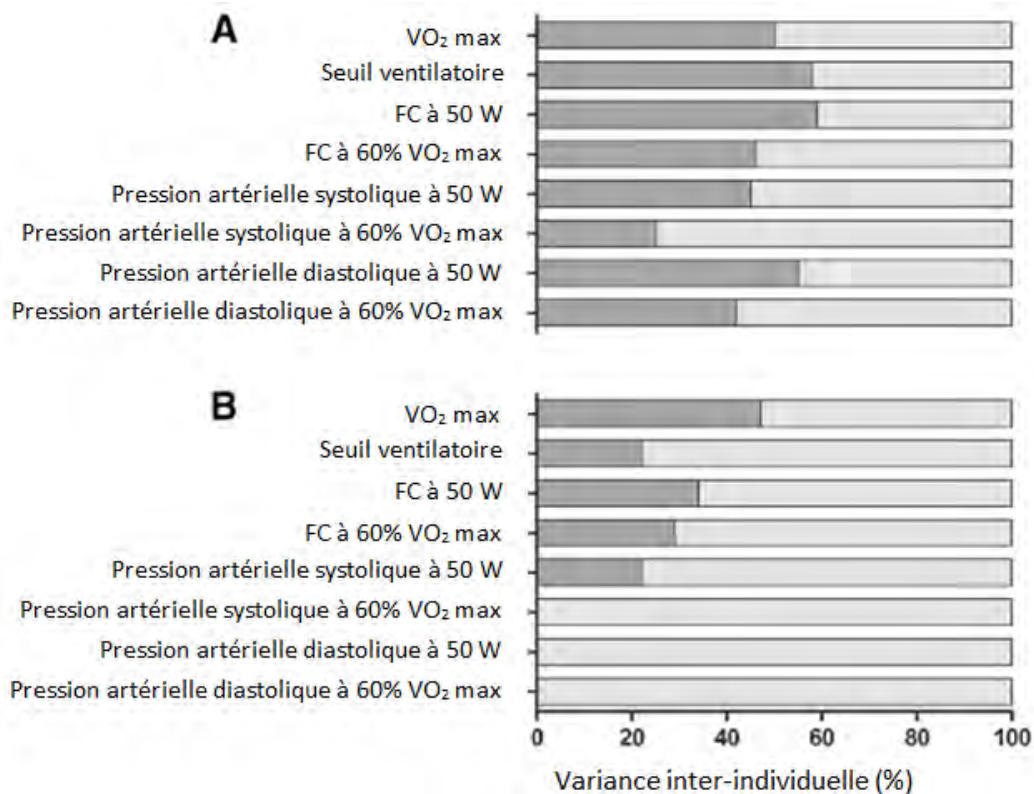


Figure 18. Estimation de l'héritabilité d'origine génétique dans la variance inter-individuelle de variables physiologiques, mesurées avant entraînement (état de base) et en réponse à un entraînement, après correction par la variance de base (adapté de Mann et al. 2014).

3.2.1.2.3 Facteurs psychosociaux

D'après une revue et une méta-analyse de Rhodes et Smith (2006), le niveau d'AP n'est pas ou très faiblement associé aux traits de personnalité, ce qui suggère que les relations entre la personnalité et l'AP sont invariantes à ces facteurs. Parmi les facteurs de base de la structure de la personnalité, il a été montré que le fait d'être émotif/anxieux était associé à un niveau d'AP plus faible et que le fait d'être extraverti et consciencieux était associé à un niveau d'AP plus élevé (Rhodes and Smith 2006). Toutefois, ces associations sont très faibles et les études qui ont été menées étaient principalement des études transversales ; d'autres études sont nécessaires pour explorer ces relations.

Chez les hommes et les femmes, les événements tels que le passage à l'université, avoir des enfants ou se remarier sont associés à une baisse des niveaux d'AP (Engberg et al. 2012). Chez les jeunes femmes, commencer à travailler, changer de conditions de travail, passer d'une vie seule à une cohabitation ou se marier, être enceinte, divorcer, se séparer ou voir ses revenus diminuer sont des situations associées à une plus faible AP (Engberg et al. 2012). Une étude suédoise a montré que devenir parent influe sur le niveau d'AP et que les parents ayant des enfants à charge sont nettement moins actifs dans le cadre des loisirs (Sjögren et al. 2011). Les femmes ont en général tendance à être moins actives que les hommes et cette tendance pourrait être exacerbée chez les nouveaux parents (Bellows-Riecken and Rhodes 2008).

3.2.1.2.4 Facteurs socio-économiques

Des études qualitatives australiennes ont suggéré que chez les adultes, les déterminants de l'AP peuvent dépendre de facteurs socioéconomiques (Burton et al. 2003, Ball et al. 2006). Un statut professionnel faible, un nombre d'heures de travail élevé et des heures de travail supplémentaires sont associés à une AP de loisirs plus basse, mais à une AP totale plus élevée que les personnes de statut socioéconomique plus élevé (Kirk and Rhodes 2011). L'AP au travail des populations de faible niveau socio-économique est plus physique et elle représente la plus grande part de l'AP totale (Vuillemin et al. 2009). Toutefois, un enregistrement d'activité sur 7 jours a permis de montrer que les personnes ayant un travail physique n'ont pas tendance à adopter des comportements plus sédentaires en dehors de leur activité professionnelle que celles n'ayant pas un travail physique (Tigbe et al. 2011). Cependant, une étude longitudinale a montré que s'il n'y avait pas de différences d'AP entre les catégories socioprofessionnelles durant les loisirs en début d'étude, des différences ont émergé au cours du suivi (5 à 7 ans) en faveur des catégories les plus favorisées, plus actives physiquement pendant les loisirs (Seiluri et al. 2011). Dans l'étude de Droomers et al. (suivi à 6 ans), une baisse du niveau d'AP de loisirs a également été plus fréquemment observée chez les personnes de niveau d'éducation plus faible comparé à celles d'un niveau plus élevé (Droomers et al. 2001). Une étude longitudinale a montré que le faible niveau de contrôle perçu chez les personnes ayant un faible niveau d'études était le facteur prédictif le plus important conditionnant le peu de pratique d'AP (Droomers et al. 2001).

L'Expertise collective Inserm (2014) a précisé le peu d'études s'étant intéressées aux relations entre le niveau d'AP, la sédentarité et la position socio-économique. L'Inserm conclut que « les connaissances sur l'importance relative des différents facteurs selon la position socioéconomique et sur les mécanismes des disparités d'AP restent embryonnaires » et recommande, au-delà d'étudier davantage les déterminants de l'AP, d'approfondir les recherches sur le gradient social de l'AP.

3.2.1.2.5 Facteurs psychosociaux, cognitifs et émotionnels

Des facteurs psychosociaux, cognitifs et émotionnels contribuent à expliquer pourquoi certaines personnes sont plus actives que d'autres (Sherwood and Jeffery 2000). En particulier, l'auto-efficacité, l'auto-motivation, l'étape et les processus de changement de comportement mis en œuvre, sont des facteurs régulièrement observés comme étant associés au niveau d'AP (Kaewthummanukul and Brown 2006, Trost et al. 2002), notamment dans les études qui se sont intéressées à la participation des salariés à une AP (Kaewthummanukul and Brown 2006). D'autres associations positives (plaisir dans la pratique, bénéfices attendus), ou défavorables à la pratique (manque de temps, troubles de l'humeur) ont été mises en évidence chez les adultes (Trost et al. 2002). Les études portant sur les facteurs associés à l'AP ou sur les déterminants de la pratique ne se sont pas intéressées aux caractéristiques des activités ; des associations négatives ont cependant été observées pour l'intensité et l'effort perçu (Trost et al. 2002).

3.2.1.2.6 Facteurs comportementaux

Les facteurs comportementaux ont moins été étudiés. Les antécédents de pratique d'AP semblent jouer un rôle important, dans le sens d'un maintien ou d'une poursuite d'AP plus fréquente chez les personnes ayant déjà pratiqué (Trost et al. 2002). Une étude longitudinale qui s'est intéressée au changement de comportement en lien avec l'AP chez les jeunes adultes a permis de mettre en évidence l'importance du rôle de l'adhésion à un club de sport dans le maintien d'une pratique (Zimmermann-Sloutskis et al. 2010).

Tableau 17. Déterminants et facteurs associés de l'activité physique chez les adultes (adapté de Bauman et al. 2012)

	Trost 2002	Rhodes 2006	Kaewthumm anukul 2006	Allender 2008	Kirk 2011
Facteurs sociodémographiques					
Âge	FA-	-	FA-	-	-
Niveau d'éducation	FA+	-	0	-	-
Genre masculin	FA+	-	0	-	0
Revenu, statut socioéconomique	FA+	-	NC	-	-
Statut professionnel inférieur	0	-	FA-	-	FA-
Emploi (heures supplémentaires)	-	-	-	FA-	-
Nombre d'heures de travail total	-	-	0	-	FA-
Heures de travail supplémentaires	-	-	-	-	FA-
Emploi à temps plein	-	-	-	-	0
Statut marital (marié)	0	-	0	0	-
État de santé ou de forme perçue	FA+	-	0	FA+	-
Surpoids/obésité	FA-	-	-	-	-
Origine caucasienne	FA+	-	0	-	-
Facteurs psychosociaux					
Attitudes	NC	-	0	-	-
Plaisir de faire de l'exercice	FA+	-	-	-	-
Bénéfices attendus	FA+	-	0	-	-
Barrières à l'exercice	FA-	-	0	-	-
Manque de temps	FA-	-	-	-	-
Contrôle comportemental perçu	0	-	FA+	-	-
Intention de faire de l'exercice	FA+	-	0	-	-
Planification de l'action	-	-	-	-	-
Auto-efficacité	FA+	-	FA+	-	-
Auto-motivation	FA+	-	-	-	-
Auto-schémas pour l'exercice	FA+	-	-	-	-
Étape de changement de comportement	FA+	-	0	-	-

Processus de changement de comportement	FA+	-	-	-	-
Croyances normatives	NC	-	-	-	-
Variable de personnalité	0	-	-	-	-
Névrosisme	-	FA-	-	-	-
Extraversion	-	FA+	-	-	-
Tendance psychotique	-	NC	-	-	-
Ouverture à l'expérience	-	NC	-	-	-
Amabilité	-	NC	-	-	-
Conscience (volonté de bien faire)	-	FA+	-	-	-
Connaissances sur la santé/l'exercice	NC	-	-	-	-
Stress	0	-	0	-	-
Contrainte élevée au travail	-	-	-	-	FA-
Susceptibilité à/gravité de la maladie	NC	-	-	-	-
Peur des symptômes	-	-	-	-	-
Perturbation de l'humeur	FA-	-	-	-	-
Santé psychologique, bien-être	0	-	-	-	-
Caractéristiques de l'activité physique / effort perçu	FA-	-	-	-	-
Bénéfices perçus	-	-	0	-	-
Facteurs comportementaux					
Historique de l'activité physique au cours de l'âge adulte	FA+	-	-	-	-
Habitudes alimentaires	FA+	-	0	-	-
Facteurs sociaux et culturels					
Soutien social d'amis/pairs	FA+	-	-	-	-
Soutien social conjoint/famille	FA+	-	-	-	-
Influence du médecin	FA+	-	-	-	-
Normes sociales	-	-	0	-	-

FA- : facteurs associés négativement ; FA+ : facteurs associés positivement ; NC : non associé ; D- : déterminant ; D+ : déterminant positif ; ND : pas déterminant ; 0 : peu concluant ; - : non étudié

3.2.1.2.7 Facteurs environnementaux

Les revues de synthèse sur le rôle de l'environnement construit (Duncan et al. 2005b, Humpel 2002, McCormack and Shiell 2011, Wendel-Vos et al. 2007) ont produit des résultats différents selon les pays et permettent difficilement de se prononcer sur les facteurs de l'environnement à prendre en considération pour favoriser l'augmentation de la pratique d'un certain type d'AP. Toutefois, les résultats sont plutôt en faveur d'une association systématique entre les déplacements à pied - et non la marche de loisir - et des facteurs de l'environnement construit tels que la connectivité des rues, l'utilisation de l'espace urbain et les facteurs liés au trafic (McCormack and Shiell 2011). Trois revues de littérature qui ont plus particulièrement traité l'association entre l'environnement construit et la marche (Owen et al. 2004, Saelens and Handy 2008, Saelens et al. 2003) ont confirmé ces associations. Elles ont également souligné le rôle de la densité de la population ou encore de la proximité des destinations non résidentielles comme facteurs favorisant la marche. L'aménagement d'un environnement pour le rendre plus favorable à la marche peut ne pas être associé à une augmentation de l'AP à court terme mais avoir d'autres effets bénéfiques sur la santé (McCormack and Shiell 2011).

Trois revues de littérature ont été consacrées aux associations possibles entre l'AP et le transport actif (Jenna Rachel Panter and Jones 2010b, Rissel et al. 2012, Wanner et al. 2012). Les études analysées, souvent transversales, intégraient tout ou partie des déplacements effectués (dans le cadre du travail, pour faire des courses ou visiter des amis) ; la méthode d'évaluation du transport actif était principalement déclarative (Wanner et al. 2012). Les résultats ont montré que le transport actif des adultes était associé à un niveau global d'AP plus élevé et un poids corporel plus faible (Wanner et al. 2012).

Une revue de littérature a également porté sur l'utilisation des transports publics. Cette revue a permis de quantifier le temps additionnel de marche attribuable à l'utilisation des transports publics, ceux-ci favorisant la marche par le fait qu'il est par exemple nécessaire de se rendre à pied à un arrêt de bus ou à une gare (Rissel et al. 2012). L'analyse de 18 articles a conduit à estimer que 8 à 33 minutes de marche pouvaient être attribuées à l'utilisation des transports publics et une modélisation statistique a estimé que si 20 % des adultes inactifs augmentaient leur temps de marche de 16 minutes par jour, 5 jours par semaine, cela conduirait à une augmentation de la proportion d'adultes considérés comme suffisamment actifs de 7 % (Rissel et al. 2012).

Deux revues systématiques ont également souligné l'effet positif d'une AP pratiquée dans un environnement naturel extérieur (plein air) sur le bien-être (Bowler et al. 2010) mettant en avant le plaisir et la satisfaction de pratiquer en extérieur avec un désir de renouveler l'activité (Thompson Coon et al. 2011). Toutefois, la qualité méthodologique des études rend leur interprétation et leur généralisation difficiles. Des recherches complémentaires rendant compte des déterminants et des facteurs associés à la pratique en extérieur pourraient venir consolider ces conclusions.

Si la plupart des études ont été menées en milieu urbain, une revue de littérature s'est plus particulièrement intéressée aux déterminants de l'AP des femmes en milieu rural (Olsen 2013b). Le terme « rural » semble toutefois être défini et interprété de différentes façons (Olsen 2013a) et peu d'informations sont disponibles sur les facteurs qui influencent le niveau d'AP en milieu rural. Aux États-Unis, une revue de littérature a permis d'identifier, chez les femmes vivant en milieu rural, des facteurs favorisant la pratique. Il s'agit en partie de facteurs personnels (auto-efficacité, autodiscipline, style de coping et affect) et de facteurs socio-économiques (soutien social, niveau d'éducation plus élevé) (Olsen 2013a). Des barrières ont également été identifiées telles que l'état de santé physique, la peur de se blesser ou le manque d'énergie mais aussi la charge associée à la famille et aux enfants, l'accessibilité spatiale ou encore la sécurité (Olsen 2013a).

Tableau 18. Déterminants et facteurs associés environnementaux de l'activité physique chez les adultes (adapté de Bauman et al. 2012)

	Humpel 2002	Duncan 2005	Wendel-Vos 2007
Activité physique liée au transport			
Conception des quartiers	0	-	NC
Densité et urbanisation	-	-	-
Utilisation de l'espace urbain et accessibilité	0	-	NC
Connectivité des rues	-	-	-
Potentiel piétonnier (score composite)	-	-	-
Environnement de transport	0	-	0
Revêtement, bande cyclable, chemins et sentiers	0	-	NC
Sécurité du trafic	0	-	0
Environnement social	-	-	NC
Sécurité au regard de la criminalité	-	-	NC
Incivilités	-	-	-
Esthétisme	-	-	NC
Activité physique de loisir			
Lieux et installations de loisirs	FA+	-	NC
Environnement de transport	FA+	-	NC
Revêtement, bande cyclable, chemins et sentiers	FA+	-	NC
Sécurité du trafic	-	-	NC
Environnement social	0	-	NC
Sécurité au regard de la criminalité	0	-	NC
Incivilités	-	-	-
Esthétisme	FA+	-	NC
Activité physique globale			
Conception des quartiers	0	FA+	NC
Densité et urbanisation	-	-	-
Utilisation de l'espace urbain et accessibilité	0	FA+	NC
Connectivité des rues	-	-	-
Potentiel piétonnier (score composite)	-	-	-
Lieux et installations de loisirs	FA+	FA+	FA+
Environnement de transport	FA+	FA+	0
Revêtement, bande cyclable, chemins et sentiers	FA+	FA+	NC
Sécurité du trafic	NC	FA+	0
Environnement social	0	NC	0
Sécurité au regard de la criminalité	NC	NC	0
Incivilités	0	NC	-
Esthétisme	FA+	-	0

FA- : facteur associé négatif ; FA+ : facteur associé positif ; NC : non associé ; D- : déterminant ; D+ : déterminant positif ; ND : pas déterminant ; 0 : peu concluant ; - : non étudié

Dans une perspective écologique de l'activité physique, l'environnement physique peut à la fois être un frein et un levier à la pratique. Les études qui se sont intéressées aux relations entre l'environnement et l'activité physique produisent des résultats encore contradictoires, du fait de la multiplicité des facteurs environnementaux pouvant influencer sur les comportements, des méthodes de mesure ou des indicateurs utilisés pour en rendre compte qui diffèrent selon les études. De plus, malgré l'augmentation des études menées sur le continent européen, la plupart d'entre elles proviennent du continent nord-américain et d'Australie, où cet environnement diffère de celui de l'Europe, ce qui pose la question de la transférabilité des résultats.

L'influence de l'environnement peut interagir avec d'autres facteurs associés aux comportements tels que les facteurs psychosociaux, cela a commencé à être spécifiquement étudié chez les adultes (Gay et al. 2011) et les personnes âgées (Carlson et al. 2012) mais n'est pas encore suffisamment pris en considération dans les études menées chez les enfants (Saelens and Handy 2008).

Ainsi, des études combinant à la fois des mesures objectives et perçues de l'environnement et prenant en compte des paramètres psychosociaux sont nécessaires pour mieux comprendre l'interaction entre les différents facteurs d'influence sur l'activité physique.

Facteurs associés à l'activité physique des adultes

Facteurs associés à la pratique d'activité physique

- Démographiques et biologiques : être jeune, de sexe masculin, d'un niveau d'éducation élevé, d'origine ethnique caucasienne, sans ou avec peu de surpoids, un effort perçu peu pénible, disposer de soutiens sociaux et être en bon état de santé.
- Génétiques : polymorphisme génétique qui influencerait sur le niveau d'AP spontanée et les réponses physiologiques à l'AP ($VO_2\max$, etc.).
- Psychosociaux : l'auto-efficacité, l'auto-motivation, et les processus de changement de comportements mis en œuvre, le plaisir dans la pratique et les bénéfices attendus.
- Comportementaux : les antécédents d'activité physique.
- Socio-économiques : l'activité physique totale est plus élevée mais les activités physiques de loisirs plus faibles pour les catégories socio-économiques faibles et accomplissant de nombreuses heures supplémentaires.

Concernant l'environnement :

- la connectivité des rues, l'utilisation de l'espace urbain, les facteurs liés au trafic, une densité de population élevée, la proximité de destinations non résidentielles et l'utilisation des transports publics sont associés à une marche liée au transport plus importante. Cette association n'a pas été établie pour la marche de loisir.

Facteurs associés à la non-pratique d'activité physique

- Le manque de temps, les troubles de l'humeur, l'intensité de l'activité physique et la difficulté de l'effort perçu.

3.2.1.3 Femmes en période de grossesse ou de post-partum

La prise de conscience de l'intérêt de l'AP pour la santé et le bien être est un élément de motivation pour les femmes en période de grossesse dans leur pratique. Pourtant, les données existantes semblent indiquer que la grossesse constitue une période de diminution voire d'arrêt de l'AP (cf.3.1.1.4). La littérature suggère en effet que les femmes en période de grossesse sont physiquement moins actives et passent davantage de temps dans des activités sédentaires. Les déterminants de ces changements sont assez mal documentés.

Les études menées sur les facteurs associés à la pratique sont essentiellement nord-américaines puis européennes (pays scandinaves, Suisse et Portugal).

La pratique antérieure d'AP, la nulliparité et un niveau socio-économique élevé constituent des facteurs qui influencent favorablement la poursuite des activités physiques pendant la grossesse (Engberg et al. 2012, Gaston and Cramp 2011). La relation avec l'âge reste contrastée (Gaston and Cramp 2011).

En France, le manque de temps (dans 31 % des cas) et la crainte des conséquences sur la grossesse et le fœtus (dans 27 % des cas) représentent les raisons avancées pour expliquer le non engagement dans une pratique d'AP (Jacquemet 2012). De même, au Portugal, les barrières à l'AP pendant la grossesse étaient essentiellement intra-personnelles ou en rapport avec des aspects non associés à l'état de santé tels que le manque de temps, le travail ou le conflit social (Santos et al. 2014).

Peu d'études ont essayé de lever les barrières pour favoriser la pratique. Il semble que l'AP ne soit probablement pas assez présentée ou promue auprès des femmes en période de grossesse comme moyen de préserver leur santé et celle du fœtus. Bien que les femmes soient de mieux en mieux informées sur le fait qu'il n'existe que peu de risques liés à la pratique AP d'intensité modérée pendant la grossesse, il est nécessaire de les rassurer et de les informer davantage sur les bienfaits de la pratique (Mudd et al. 2009). Une alternative serait d'initier les professionnels intervenant auprès des femmes en période de grossesse aux techniques de modification comportementale (Currie et al. 2013) qui semblent être les plus efficaces afin d'aider les femmes à maintenir une AP tout au long de leur grossesse. Par ailleurs, le milieu social ne doit pas constituer un frein à l'AP qui doit pouvoir être accessible à tous, en particulier pendant la grossesse. De même, cette notion de large accessibilité doit permettre de s'affranchir des contraintes liées à l'activité professionnelle, à la charge des enfants et s'adapter à l'hétérogénéité des situations familiales. La mise en place de séances d'AP adaptées et encadrées pourrait participer à lever les appréhensions.

Après la grossesse, les barrières à l'AP identifiées se trouvent parmi les problèmes personnels, notamment le manque de soutien par le conjoint ou la difficulté des tâches parentales (soins apportés à l'enfant, activités domestiques, etc.) (Albright et al. 2005). Au rang des facilitateurs, les auteurs ont rapporté le rôle de l'entourage (marche avec d'autres mamans, par exemple) et la disponibilité ou l'accessibilité d'une structure de garde de l'enfant (Albright et al. 2005). Aucune différence associée à la socio-démographie n'a été observée entre quatre profils de femmes (Profil 1 : active avant la grossesse puis inactive dans le post-partum / Profil 2 : active avant la grossesse et active dans le post-partum / Profil 3 : inactive avant la grossesse et inactive dans le post-partum / Profil 4 : inactive avant la grossesse puis active dans le post-partum), bien que celles formant le profil 4 soient plus jeunes et ont des enfants également plus jeunes comparées aux trois autres profils (Albright et al. 2005). Bien que le contexte nord-américain de cette étude puisse présenter des différences notables avec la France, cette étude suggère quelques pistes pour anticiper les difficultés d'une reprise d'AP par certains groupes de femmes. Néanmoins, en termes de conseil ou de recommandation, il convient de tenir compte des profils spécifiques (Albright et al. 2005) étant donné que les femmes physiquement inactives ou sédentaires avant leur grossesse présentent une probabilité relativement faible (< 15 %) d'augmenter leur niveau d'AP durant le post-partum (Albright et al. 2005).

Chez les femmes en période de grossesse ou de post-partum, les facteurs associés à l'AP spécifiques à l'environnement ne sont actuellement pas documentés. La recherche bibliographique menée par le groupe de travail n'a en effet pas permis de recenser de publication sur cette thématique, dans la littérature française ou internationale.

Facteurs associés à l'activité physique chez les femmes en période de grossesse ou de post-partum

- Peu d'études ont étudié les déterminants des changements de pratiques d'activité physique chez les femmes en période de grossesse ou de post-partum.
- Les études étrangères (Amérique du nord et Europe) suggèrent qu'une pratique antérieure, la nulliparité, le niveau d'éducation et le revenu familial favoriseraient la pratique d'une activité physique pendant la grossesse. L'effet de l'âge reste contrasté.
- En France, le manque de temps et la crainte des conséquences sur le fœtus sont les principales raisons avancées par les femmes en période de grossesse pour expliquer le non engagement dans la pratique.
- Les études étrangères suggèrent que les freins majeurs à l'activité physique de la femme en période de grossesse sont l'appréhension des risques liés à une pratique physique, le manque de temps et de motivation ou le manque d'un avis éclairé des professionnels impliqués dans la prise en charge de la femme en période de grossesse.
- Pendant la période de post-partum, les principales raisons évoquées sont le manque de soutien de la part du conjoint et les difficultés des tâches liées à la parentalité.

3.2.1.4 Personnes âgées de plus de 65 ans

Plusieurs revues de synthèse sur les facteurs associés et les déterminants de l'AP en population âgée ont été publiées (Franco et al. 2015, Haley and Andel 2010, Koeneman et al. 2011, Plonczynski 2003, Rhodes et al. 1999, van Stralen et al. 2009), dont une plus particulièrement consacrée aux études qualitatives (Franco et al. 2015).

3.2.1.4.1 Facteurs sociodémographiques

Chez les personnes de plus de 65 ans, l'âge, le niveau d'éducation, le genre masculin, le niveau de revenu ou le statut socioéconomique, le statut marital, le surpoids ou l'obésité et l'origine ethnique caucasienne n'ont pas été identifiés comme des déterminants de la pratique (van Stralen et al. 2009, Koeneman et al. 2011). Concernant le statut marital, il a été montré que chez les femmes âgées, un long temps de veuvage était associé à une augmentation de l'AP (Engberg et al. 2012). L'état de santé ou la perception de cet état n'ont pas été identifiés comme des déterminants de l'AP dans la revue systématique de Koeneman (Koeneman et al. 2011) mais ont été retenus comme déterminants de son maintien par van Stralen (van Stralen et al. (2009) ; le rôle joué par ce facteur dans l'initiation d'une AP est par contre moins concluant.

3.2.1.4.2 Facteurs psychosociaux

L'adhésion à l'exercice semble bien prédite par l'état de santé de l'individu et des indicateurs de santé comme le fait d'être en forme, non-fumeur, d'avoir un style de vie actif ou un niveau d'auto-efficacité élevé (Martin and Sinden 2001). D'autres auteurs ont plutôt exploré les déterminants de l'initiation ou du maintien d'une AP (modèle de Prochaska et Di Clémente, 1982) et les résultats ont montré que les déterminants seraient en partie dépendants de l'étape de changement de comportement dans laquelle la personne se trouve (van Stralen et al. 2009). Des déterminants psychosociaux ont été mis en évidence dans l'initiation d'une AP. Ils incluent l'intention de faire de l'exercice, la planification de l'action, l'auto-efficacité, l'étape de changement de comportement, ainsi que les réalisations d'objectifs physiques et psychologiques (van Stralen et al. 2009). Parmi les facteurs comportementaux, les antécédents de pratique à l'âge adulte apparaissent déterminants dans l'initiation et dans le maintien d'une AP (van Stralen et al. 2009). A l'inverse, le stress a été montré comme un déterminant plus particulièrement négatif du maintien d'une AP (van Stralen et al. 2009).

Les interventions visant l'amélioration de facteurs psychosociaux seraient plus efficaces si elles étaient réalisées dans des environnements favorables (Carlson et al. 2012).

3.2.1.4.3 Activité physique et exercice physique

Des auteurs ont fait l'hypothèse que les déterminants de l'AP (activités non structurées intégrées à la vie quotidienne) pourraient ne pas être les mêmes que ceux de l'exercice physique (activités structurées et planifiées) (Koeneman et al. 2011). Dans cette revue systématique d'études au cours desquelles l'AP et l'exercice ont été mesurés par des méthodes déclaratives, seule une association positive entre l'AP et d'une part le genre (masculin) et d'autre part l'âge (plus jeune) a été retrouvée (Koeneman et al. 2011). En ce qui concerne l'exercice, l'âge n'a pas été retenu comme déterminant et une association négative avec les maladies chroniques, la dépression et les événements de vie a été observée. A l'inverse, une association positive a été retrouvée entre l'AP et le fait d'avoir déjà fait de l'exercice, d'avoir rapporté des effets bénéfiques sur la santé ou les capacités physiques, mais aussi avec l'efficacité personnelle et le locus de contrôle¹⁰. Dans l'ensemble, les études ont été jugées de faible qualité et seules des associations considérées comme modérées ont été retenues (Koeneman et al. 2011), similaires à celles rapportées par Trost et al. pour la population adulte (Trost et al. 2002), ou par van Stralen et al. (2009) qui ont étudié les déterminants de l'initiation et du maintien de l'AP.

3.2.1.4.4 Périodes de transition

Le passage à la retraite serait associé à une augmentation de l'AP (Engberg et al. 2012). Des études longitudinales se sont particulièrement intéressées aux changements d'AP après le passage à la retraite, montrant une augmentation de la pratique de loisirs en France (d'environ 2 heures par semaine) chez les hommes et chez les femmes (Touvier et al. 2010). En Suède, une augmentation de l'AP d'intensité modérée chez les hommes (+ 42 minutes par semaine) et les femmes (+ 31 minutes par semaine) a été rapportée (Lahti et al. 2011). Cette tendance a encore été confirmée dans une étude récente menée aux Pays-Bas qui a montré une augmentation de l'APME après le passage à la retraite (Koeneman et al. 2012).

¹⁰ Croyances relatives au fait que les actions affectent ou non les résultats.

3.2.1.4.5 Etudes qualitatives

Pour mieux comprendre les comportements des personnes âgées et pour compléter les résultats des études quantitatives, Franco et al. se sont attachés à rendre compte des résultats des études qualitatives (Franco et al. 2015).

Cette synthèse a permis d'identifier six facteurs qui selon les personnes âgées limitent leur AP, dont quatre qui relèvent de la dimension individuelle (limitations physiques, existence d'autres priorités, bénéfices personnels associés à l'AP, croyances et motivation), et deux de la dimension environnementale (influences sociales, difficultés d'accès aux lieux de pratique) (Franco et al. 2015), et leurs interactions. Les auteurs ont montré que l'un des freins à la participation est la croyance que l'exercice n'est pas nécessaire, voire dangereuse (Franco et al. 2015), alors que l'incidence des blessures ne semble pas être plus importante chez les personnes âgées qui s'adonnent à une pratique d'AP (Stathokostas et al. 2013). Les personnes âgées qui reconnaissent les bénéfices de l'AP rapportent des freins à la pratique, tels que le manque de soutien social, des antécédents d'habitudes sédentaires, des priorités multiples et donc concurrentes, l'accessibilité aux lieux de pratique et l'apathie (Franco et al. 2015). Certaines personnes ont le sentiment que le manque d'engagement dans une AP est dû à la perception de leur fragilité et jugent que l'état de vieillissement qui se manifeste par la détérioration des fonctions avec l'âge, est inévitable (Franco et al. 2015).

Tableau 19. Déterminants et facteurs associés de l'activité physique chez les personnes âgées (adapté de Bauman et al. 2012)

	Rhodes 1999	Ploczynski 2003	van Stralen 2009		Koeneman 2011
			Initiation	Maintien	
Facteurs sociodémographiques					
Âge	FA-	0	ND	ND	ND
Niveau d'éducation	0	-	ND	ND	-
Genre masculin	FA+	-	ND	ND	0
Revenu, statut socioéconomique	0	FA+	ND	ND	-
Statut professionnel inférieur	-	-	-	-	-
Emploi (more)	-	-	0	0	-
Nombre d'heures de travail total	-	-	-	-	-
Heures de travail supplémentaires	-	-	-	-	-
Emploi à temps plein	-	-	-	-	-
Statut marital (marié)	-	0	ND	0	-
État de santé ou de forme perçue	FA+	-	0	D+	ND
Surpoids/obésité	-	-	0	ND	0
Origine caucasienne	-	0	ND	ND	ND
Facteurs psychosociaux					
Attitudes	FA+	-	0	ND	-
Plaisir de faire de l'exercice	0	0	0	0	-
Bénéfices attendus	FA+	-	0	-	0
Barrières à l'exercice	FA-	-	0	0	-
Manque de temps	-	-	-	-	-
Contrôle comportemental perçu	FA+	-	-	-	-
Intention de faire de l'exercice	FA+	-	D+	0	-
Planification de l'action	-	-	D+	-	-
Auto-efficacité	FA+	FA+	D+	0	0
Auto-motivation	-	-	0	-	-
Auto-schémas pour l'exercice	-	-	-	-	-
Étape de changement de comportement	0	-	D+	D+	-
Processus de changement de comportement	-	-	-	-	-
Croyances normatives	-	-	-	-	-
Variable de personnalité	-	-	-	-	-
Névrosisme	-	-	-	-	-
Extraversion	-	-	-	-	-
Tendance psychotique	-	-	-	-	-
Ouverture à l'expérience	-	-	-	-	-
Amabilité	-	-	-	-	-
Conscience (volonté de bien faire)	-	-	-	-	-
Connaissances sur la santé/l'exercice	FA+	-	-	0	-
Stress	-	0	-	D-	-
Contrainte élevée au travail	-	-	-	-	-
Susceptibilité à /gravité de la maladie	0	-	-	-	-
Peur des symptômes	-	FA-	-	-	-
Perturbation de l'humeur	-	-	0	0	-
Santé psychologique, bien-être	0	FA+	-	-	-
Caractéristiques de l'activité physique / effort perçu	-	-	0	ND	-
Bénéfices perçus	FA+	-	-	0	-
Réalisations d'objectifs physiques	-	-	-	D+	-
Réalisations d'objectifs psychologiques	-	-	-	D+	-
Facteurs comportementaux					
Historique de l'activité physique au cours de l'âge adulte	0	-	D+	D+	0
Habitudes alimentaires	-	0	-	-	-
Facteurs sociaux et culturels					
Soutien social	-	FA+	-	-	0
Soutien social d'amis/pairs	FA+	0	0	ND	-
Soutien social conjoint/famille	0	0	-	-	-
Influence du médecin	0	0	-	0	-
Normes sociales	FA-	-	-	ND	-

FA- : facteurs associé négatif ; FA+ : facteurs associé positif ; NC : non associé ; D- : déterminant ; D+ : déterminant positif ; ND : pas déterminant ; 0 : peu concluant ; - : non étudié

3.2.1.4.6 Facteurs environnementaux

A ce jour, des études en nombre encore insuffisant se sont intéressées au rôle des facteurs environnementaux chez les personnes âgées et la synthèse des études disponibles n'a pas permis d'identifier des facteurs environnementaux constants pour cette population (Bauman et al. 2012). Un premier travail de synthèse de la littérature n'a pas permis d'identifier des facteurs environnementaux associés à l'AP du fait du faible nombre d'études ayant porté sur la population des personnes âgées et de la complexité de la mesure de l'environnement construit (Cunningham and Michael 2004). Une revue systématique plus récente a permis de souligner l'intérêt grandissant pour ce sujet mais également le manque d'études prospectives permettant d'établir un lien de causalité entre l'environnement et le niveau d'AP chez les personnes âgées (van Cauwenberghe et al. 2011). De plus, la plupart des études a été menée aux Etats-Unis, ce qui pose la question de la transposition des résultats à la France.

Deux études menées en Europe ont été identifiées, l'une menée en Belgique qui s'est intéressée à la relation entre le potentiel piétonnier du quartier de résidence et l'AP, mesurée par accéléromètre et évaluée par questionnaire (van Holle et al. 2014) et l'autre menée en Irlande sur les facteurs associés à l'inactivité physique (Murtagh et al. 2015). Les résultats ont montré que le potentiel piétonnier est associé au niveau de marche lié au transport (van Holle et al. 2014). Dans l'étude de Murtagh et al. (2015) seule la situation géographique (urbain/rural) a été considérée parmi les facteurs environnementaux. Les résultats ont montré que la probabilité d'être inactive pour les femmes en milieu rural était plus élevée comparativement à celles vivant en ville. L'inverse était observé chez les hommes, ceux-ci ayant un niveau d'AP plus faible en milieu urbain comparé à ceux vivant en milieu rural (Murtagh et al. 2015).

Si les revues de synthèse des études quantitatives n'ont pas permis d'identifier des facteurs environnementaux constants, une revue systématique des études qualitatives a apporté des éléments qui contribuent à mieux comprendre l'influence de ces facteurs sur la pratique d'AP des personnes âgées (Moran et al. 2014). Par exemple, si la revue systématique de van Cauwenberghe et al. (van Cauwenberghe et al. 2011) a montré une relation non significative entre les infrastructures favorisant la marche et l'AP, l'approche qualitative a permis de souligner que les caractéristiques des trottoirs influencent leur utilisation (continuité, pentes et bordures, entretien, séparation des vélos).

En résumé, les résultats issus des revues de synthèse ont permis d'identifier des déterminants liés à la présence de lieux et d'installations de loisirs, à l'environnement de transport et à l'environnement social (van Stralen et al. 2009).

Carlson et al. (2012) ont souligné les interactions positives entre l'environnement construit et les facteurs psychosociaux pour expliquer l'AP des personnes âgées. Ces interactions positives ont été retrouvées entre le potentiel piétonnier et le soutien social et entre le potentiel piétonnier et l'auto-efficacité, ce qui suggère que marcher aux côtés d'une autre personne dans un environnement propice peut être favorable à la pratique d'une AP. Selon ces auteurs, il est possible que les environnements moins propices à l'AP procurent moins d'opportunités de renforcement du soutien social.

Le tableau 20 présente une synthèse des déterminants et facteurs associés de l'activité physique chez les personnes âgées.

Tableau 20. Déterminants et facteurs associés environnementaux de l'activité physique chez les personnes âgées (adapté de Bauman et al. 2012)

	Cunningham 2003	van Stralen 2009	van Cauwenberghe 2011
Activité physique liée au transport			
Conception des quartiers	-	-	0
Densité et urbanisation	-	-	0
Utilisation de l'espace urbain et accessibilité	-	-	0
Connectivité des rues	-	-	NC
Potentiel piétonnier (score composite)	-	-	0
Environnement de transport	-	-	0
Revêtement, bande cyclable, chemins et sentiers	-	-	NC
Sécurité du trafic	-	-	0
Environnement social	-	-	0
Sécurité au regard de la criminalité	-	-	0
Incivilités	-	-	-
Esthétisme	-	-	NC
Activité physique de loisir			
Lieux et installations de loisirs	0	-	0
Environnement de transport	0	-	0
Revêtement, bande cyclable, chemins et sentiers	-	-	NC
Sécurité du trafic	-	-	0
Environnement social	-	-	NC
Sécurité au regard de la criminalité	-	-	NC
Incivilités	-	-	-
Esthétisme	-	-	NC
Activité physique globale			
Conception des quartiers	-	0	0
Densité et urbanisation	-	-	NC
Utilisation de l'espace urbain et accessibilité	-	0	NC
Connectivité des rues	-	0	0
Potentiel piétonnier (score composite)	-	-	0
Lieux et installations de loisirs	0	D+	0
Environnement de transport	0	D+	0
Revêtement, bande cyclable, chemins et sentiers	0	0	0
Sécurité du trafic	NC	D+	0
Environnement social	0	D+	0
Sécurité au regard de la criminalité	NC	D+	0
Incivilités	0	-	-
Esthétisme	FA+	0	NC

FA- : facteur associé négatif ; FA+ : facteur associé positif ; NC : non associé ; D- : déterminant ; D+ : déterminant positif ; ND : pas déterminant ; 0 : peu concluant ; - : non étudié

Facteurs associés à l'activité physique des personnes âgées de plus de 65 ans

Facteurs associés à la pratique

- Sociodémographiques : être jeune, de genre masculin, avoir des revenus ou un statut socio-économique élevé. Aucun facteur sociodémographique n'a été identifié comme déterminant de la pratique ; l'état de santé ou la perception de cet état est un facteur déterminant du maintien d'une activité physique.
- Psychosociaux : l'intention de faire de l'exercice, la planification de l'action, l'auto-efficacité, l'étape de changement de comportement, ainsi que la réalisation d'objectifs physiques et psychologiques sont des déterminants psychosociaux de l'initiation d'une activité physique ;
- Comportementaux : les antécédents d'activité physique au cours de l'âge adulte sont déterminants dans l'initiation et le maintien d'une activité physique.

En France, le passage à la retraite est associé à une augmentation de l'activité physique de loisirs.

Concernant l'environnement :

- Peu d'études portent sur les facteurs environnementaux associés à l'activité physique des personnes âgées de plus de 65 ans et le lien de causalité entre l'environnement et le niveau d'activité physique est peu documenté.
- Le potentiel piétonnier est associé au niveau de marche liée au transport actif.
- La présence de lieux et d'installations de loisirs, l'environnement de transports et social seraient associés à la pratique d'AP. Chez les femmes, le placement en institution et la perte de relations interpersonnelles sont associés à une plus faible activité physique.
- Certains facteurs tels que les facteurs psychosociaux peuvent interagir plus fortement avec l'environnement : ainsi, l'auto-efficacité, le soutien social associé à un environnement favorable favorise l'AP des personnes âgées.

Facteurs associés à la non pratique

- Les croyances liées à l'activité physique (selon laquelle elle ne serait pas importante pour la santé, ou même dangereuse), la perception d'une fragilité, le manque de soutien social, les antécédents d'habitudes sédentaires, des difficultés d'accessibilité, l'apathie et d'autres priorités ont été rapportés comme des freins à la pratique par les personnes âgées de plus de 65 ans.
- L'état de stress est un déterminant négatif du maintien d'une activité physique.
- Chez les femmes, le milieu rural est un facteur défavorisant ; cet effet est observé chez les hommes en milieu urbain.

3.2.1.5 Personnes déclarant une limitation fonctionnelle d'activité (LFA)

Peu d'études sont disponibles sur les facteurs influençant la pratique régulière d'AP chez les personnes LFA, et la plupart des études ont été conduites aux Etats Unis ou au Canada, ce qui questionne quant à la possible transposition des résultats, particulièrement lorsqu'il est question de comportements et d'environnement. Les rares données françaises sont transposées de recueils de données dont l'objectif principal n'était pas l'étude des facteurs associés à l'AP ou à la sédentarité.

De même qu'en population générale, la pratique régulière des personnes déclarant une LFA due à leur état de santé est non seulement influencée par la capacité fonctionnelle, la condition physique, les habiletés, les intérêts et motivations pour la pratique, le bagage culturel mais aussi par des facteurs physiques, sociaux et institutionnels. Cependant, l'ensemble de ces facteurs peut prendre des dimensions tout à fait spécifiques dans le cas des personnes LFA.

Le cadre conceptuel apporté par la Classification Internationale du Fonctionnement, du Handicap et de la Santé (CIF, cf. 2.3.2.1) peut être utilisé pour analyser les facteurs associés à l'AP et à la sédentarité. Selon ce cadre, ils peuvent être répartis en deux grandes catégories :

- les facteurs dépendant de l'altération fonctionnelle impliquent la prise en compte des grandes fonctions corporelles, de l'activité, des fonctions participatives, et de l'état de santé de la personne ;
- les facteurs contextuels comprenant les facteurs environnementaux et personnels.

L'ensemble des facteurs influençant positivement ou négativement la pratique régulière d'AP classiquement décrits pour la population générale sont applicables aux personnes déclarant une LFA due à leur état de santé ; certains de ces facteurs ont une influence spécifique auprès de ce public. Les autres facteurs propres aux personnes LFA peuvent être classés comme suit.

3.2.1.5.1 Facteurs liés aux grandes fonctions

3.2.1.5.1.1 Intégrité corporelle et grandes fonctions

Les altérations de l'intégrité corporelle et des grandes fonctions sont généralement des obstacles à la pratique. Dans le cas de personnes atteintes d'une déficience ou pathologie, les facteurs favorisant l'adhésion à une pratique physique sont l'ancienneté de la pathologie ou de la déficience première, le temps passé depuis le diagnostic ou la phase précoce de prise en charge médicale ou des traitements suivis, l'amélioration de la fonction musculaire ou la limitation de l'amyotrophie et de la perte de mobilité.

Les altérations spécifiques propres à la pathologie ou à la déficience première dont est atteinte la personne, sa gravité, sont autant d'obstacles à la pratique d'une AP. Elles sont particulièrement évoquées comme étant les principaux obstacles chez les plus jeunes et les plus âgés. La phase précoce/aiguë ou les traitements suivis sont directement impliqués dans la rupture de pratique de l'AP, d'autant plus s'ils sont lourds et ont des effets secondaires (Fekete and Rauch 2012, Marcellini et al. 2003b, Martin Ginis and Hicks 2007, Sport England 2001, 2002, Rimmer et al. 2004).

3.2.1.5.1.2 Activité et participation

Les liens sociaux et la possibilité de compétition associés à la pratique sportive sont quant à eux décrits comme facteurs motivants.

La mobilité réduite et l'utilisation d'un appareillage lourd (tel qu'un fauteuil électrique) affectent négativement la pratique. Le manque de temps, les difficultés associées au travail, sont également souvent cités comme autant d'obstacles à la pratique, mais semblent moins spécifiques à ce groupe de population (Deans 2012, Fekete and Rauch 2012, Martin Ginis and Hicks 2007, Rimmer et al. 2004).

3.2.1.5.1.3 *Etat de santé*

Les altérations de l'état de santé, les troubles associés, dont la dépression, la douleur, les effets secondaires des traitements suivis, la fatigue associée à la pathologie/déficience, l'état de déconditionnement, la prise de poids et la composition corporelle, sont des obstacles à la pratique régulière d'AP. L'engagement et la poursuite régulière et durable d'une pratique sont inversement proportionnels à l'accumulation des troubles de l'état de santé ordinairement considérée comme un facteur limitant l'activité et la fonctionnalité et restreignant la participation sociale de la personne (Deans 2012, Fekete and Rauch 2012, Healthy People 2010, Marcellini et 2003b, Martin Ginis and Hicks 2007, Rimmer et al. 2004, Wilber 2002).

3.2.1.5.2 **Facteurs contextuels**

3.2.1.5.2.1 *Facteurs environnementaux*

Parmi les facteurs de la promotion de l'AP identifiés, le plus important semble être l'environnement social et physique. L'influence positive ou négative des facteurs environnementaux sur la pratique a été particulièrement bien étudiée. En effet, l'adhésion à un style de vie plus actif semble s'appuyer essentiellement sur les pratiques institutionnelles et le maillage associatif. L'adhésion à ce style de vie semble également particulièrement influencée par les représentations de l'intérêt et des risques de la pratique d'AP qu'ont les acteurs de l'environnement des personnes LFA. L'engagement et le soutien de proches (notamment des parents) ont un impact particulièrement important. Les soutiens, quels qu'ils soient, politiques ou institutionnels, technologiques ou de personnes, l'incitation à une vie physiquement active initiée au plus tôt par les équipes médicales, les opportunités environnementales de pratique constituent tous des facteurs facilitateurs (Beresford 2009, Deans 2012, Fekete and Rauch 2012, Law 2007, Martin Ginis and Hicks 2007, Rimmer et al. 2004, Sport England 2001, 2002).

Les attitudes positives à l'égard des personnes en situation de handicap (attitudes à l'encontre de la déficience ou pathologie, de l'environnement social, des proches, des parents, des encadrants, des professionnels dont les enseignants et entraîneurs, des pairs, etc.) et les représentations de leur environnement de vie à l'égard des pratiques sportives pour ce public (autres pratiquants, professionnels des installations sportives, etc.) ont également été associées au niveau de pratique d'AP. Selon l'étude nationale anglaise « Disabled adults and sport », bénéficiant de certaines facilités (équipement adapté, soutien) facilite la participation à une AP (Sport England 2002). Le bénéfice du soutien de « quelqu'un qui peut me conseiller sur ce que je peux faire étant donné mon état de santé » et « quelqu'un qui peut me guider ou me superviser pour assurer ma sécurité » figure parmi les aides le plus souvent requises. Il est mentionné par tous les pratiquants réguliers, même ceux estimant ne pas avoir besoin de soutien particulier pour leur pratique. Chez les personnes ne pratiquant pas régulièrement, même si la raison principale invoquée est leur état de santé, le manque de ce soutien est également mis en avant comme justificatif à leur non-participation (Sport England 2002).

Le manque d'accessibilité des installations ou de l'environnement naturel, d'équipements adaptés, les difficultés ou le manque de transports accessibles et les coûts financiers spécifiques (matériel, adhésion, transports), les attitudes et représentations négatives de l'environnement social, constituent autant d'obstacles à une pratique régulière d'AP.

D'un point de vue plus global, l'absence de lignes directrices et de recommandations concernant l'AP pour ce groupe de population, le manque d'information et de soutien (ou son accès limité) en faveur de la pratique, et la rareté des campagnes de promotion constituent également des barrières à la pratique.

3.2.1.5.2.2 Facteurs personnels

Le profil psychologique et la motivation sont favorables à la pratique d'AP : une perception de soi globalement positive (estime de soi, image de soi, satisfaction corporelle) et un sentiment de compétence par rapport à la pratique physique (sentiment d'auto-efficacité) représentent des facteurs favorables importants. Une pratique d'AP antérieure constitue un facteur incitant à la reprise d'une pratique, de même que les expériences positives de pratique d'AP, antérieures à l'apparition de la déficience ou de la pathologie, ainsi que les opportunités ou facilités de pratique rencontrées depuis.

Le sexe féminin et l'avancée en âge sont associés négativement aux pratiques. Une image négative de soi et le manque de confiance en ses capacités, le manque d'expérience en AP (variable selon l'âge de survenue de la déficience), les attitudes négatives à l'égard de l'AP (peur de se blesser, attitudes à l'encontre de la déficience ou pathologie des personnes handicapées elles-mêmes, mauvaises expériences ou perception de l'AP, représentations négatives, manque de motivation, etc.) constituent des barrières à la pratique d'AP chez les personnes LFA. Le manque d'accès à l'information concernant l'AP et ses bénéfices pour la santé constituent également des barrières à la pratique (Beresford 2009, Deans 2012, Fekete and Rauch 2012, Marcellini et al. 2003b, Martin Ginis and Hicks 2007, Rimmer et al. 2004, Sport England 2001, 2002).

3.2.1.5.3 Raisons de non-engagement dans une pratique d'activité physique invoquées par les personnes LFA

Marcellini et al. (2003a) ont montré que les raisons invoquées pour justifier la non-pratique d'une AP se différencient selon le lieu de vie et la présence ou non d'une déficience (Marcellini 2003). Les raisons de santé constituent la raison majeure invoquée par les personnes vivant en institution (> 50 %) et chez 1/4 des personnes vivant à domicile avec une déficience (contre 10 % pour les personnes vivant à domicile sans déficience).

L'absence de besoin ou d'envie de pratiquer une activité sportive est la raison majeure invoquée par les personnes vivant à domicile, et plus souvent chez les femmes (43,2 % chez les personnes LFA, 50 % chez les personnes sans déficience), contre 1/3 des personnes LFA vivant en institution.

Le manque de temps constitue la deuxième raison invoquée par les personnes vivant à domicile sans déficience (30 %) et la 3^{ème} pour les personnes à domicile avec déficience(s) (23 %) ; elle est peu invoquée par les personnes vivant en institution (> 3%). Respectivement au 4^{ème} rang pour les personnes vivant à domicile et au 3^{ème} rang pour celles vivant en institution, l'avancée en âge est un argument majoritairement choisi par toutes les personnes LFA, notamment les femmes ayant une déficience au-delà de 65 ans. Enfin, dans la population vivant à domicile, les enfants de moins de 8 ans peuvent être considérés comme « trop jeunes » pour avoir une pratique sportive régulière (raison non invoquée chez les enfants vivant en institution).

Les personnes LFA doivent faire face à davantage d'obstacles à la pratique d'AP en comparaison de la population générale. L'ensemble de ces barrières rend plus difficile l'accès à l'activité physique, mais il faut également souligner que cette situation est exacerbée par la rareté des initiatives de promotion de l'activité physique auprès de ce groupe de population (Martin Ginis and Hicks 2007, Rimmer 2012).

Facteurs associés à l'activité physique des personnes LFA

L'ensemble des facteurs associés à la pratique ou à la non-pratique d'activité physique reconnus pour la population générale est applicable aux personnes LFA. Toutefois, certains facteurs supplémentaires sont propres à cette population.

Facteurs associés à la pratique

- Les politiques spécifiques d'incitation et de soutien à la pratique d'activité physique (soutiens institutionnels, technologiques et personnes disponibles).
- Les opportunités spécifiques de participation (accueil, conseils, accompagnement compétent et accessibilité des structures).
- L'incitation à une vie plus active initiée au plus tôt par le personnel médical ou éducatif (en phase précoce de prise en charge médicale, dès les traitements ou dès l'enfance).
- Les attitudes et représentations positives d'autrui à l'égard du handicap et de l'activité physique.
- L'engagement et le soutien des proches jouent un rôle particulièrement important.
- Les autres facteurs spécifiques facilitant la pratique de l'activité physique sont :
 - la distance de la phase de diagnostic ;
 - les facteurs personnels favorables (adhésion antérieure à une pratique d'AP régulière, expériences positives de pratique depuis la survenue de la déficience ou pathologie, image de soi positive).

Facteurs associés à la non-pratique

Un plus grand nombre d'obstacles que pour la population générale freine la pratique d'une activité physique régulière par les personnes LFA.

- Les principales barrières sont liées à la déficience ou pathologie primaire (nature et sévérité de la déficience ou pathologie, phase post-diagnostic, traitements et leurs effets secondaires), et sont d'autant plus limitants chez les plus jeunes et les plus âgés. Les symptômes associés (dépression, douleur, fatigue, état de déconditionnement, prise de poids) sont également des facteurs favorisant les comportements sédentaires et la non-pratique d'activité physique.
- Les *facteurs personnels* associés négativement à la pratique d'AP sont le sexe féminin, l'avancée en âge, le manque d'expérience ou des expériences négatives de pratique, la peur de se blesser, les représentations négatives du handicap et le manque de connaissance sur l'activité physique et ses bénéfices.
- Les *facteurs environnementaux* associés négativement à la pratique d'une activité physique incluent les manques d'accessibilité des installations, d'équipement adapté, de transports, les surcoûts de la pratique, l'absence de lignes directrices spécifiques dans les recommandations et de campagnes de promotion de l'activité physique, le manque ou l'accès limité à l'information, la rareté des initiatives de promotion de l'activité physique (et des bénéfices de celle-ci) et le manque de formation des intervenants. A cela s'ajoutent les attitudes et représentations négatives à l'égard du handicap et le manque de soutien.

Facteurs associés à l'activité physique

Peu d'études ont été menées en France, la majorité des données provient d'études étrangères.

Enfants et adolescents

- Démographiques et biologiques : l'âge (les enfants pratiquent davantage que les adolescents) et le sexe masculin.
- Psychosociaux : un niveau élevé d'auto-efficacité¹¹ et de compétence physique perçue, une bonne image de soi.
- Liés à l'environnement social, notamment des parents qui pratiquent ou encouragent la pratique.
- Des habiletés motrices élevées.
- Environnementaux :
 - chez les 5-18 ans : un temps élevé passé à l'extérieur, des équipements accessibles (proximité et disponibilité) et des équipements de jeu dans les cours de récréation. Les facteurs associés au transport actif sont la sécurité, les interactions sociales, les distances courtes et les installations favorisant la marche et le vélo ;
 - chez les enfants : le potentiel piétonnier du quartier, la sécurité du trafic, l'accessibilité/proximité des installations de loisirs, la diversité des destinations et la densité résidentielle ;
 - chez les adolescents : la diversité des destinations et la densité résidentielle.

A l'inverse, l'indice de masse corporelle (IMC), la maturité biologique précoce ainsi que la sécurité du voisinage, perçue par les parents et les enfants (particulièrement par les filles) freinent la pratique d'activité physique.

Enfin, le contexte socio-économique des familles présente des liens assez contrastés avec l'inclinaison des enfants et adolescents à adopter un style de vie physiquement actif.

Adultes

- Démographiques et biologiques (le jeune âge, le sexe masculin, le bon état de santé, sans ou avec peu de surpoids, une origine ethnique caucasienne, un niveau d'éducation élevé, un effort perçu comme peu pénible et les soutiens sociaux).
- Psychosociaux (le plaisir, l'auto-motivation, l'auto-efficacité, les processus de changement de comportements mis en œuvre et les bénéfices attendus).
- Comportementaux (les antécédents d'activité physique).
- Socio-économiques : l'activité physique totale est plus élevée mais les activités physiques de loisirs plus faibles pour les catégories socio-économiques faibles et accomplissant de nombreuses heures supplémentaires.
- Environnementaux : la connectivité des rues, l'utilisation de l'espace urbain, les facteurs liés au trafic, une densité de population importante, la proximité de destinations non résidentielles et l'utilisation des transports publics sont associés à une marche liée au transport plus importante. Cette association n'a pas été établie pour la marche de loisir.

¹¹ confiance de l'enfant en ses capacités à réaliser une AP (Bandura 1986).

A l'inverse, le manque de temps, l'intensité de l'activité physique et la difficulté perçue de l'effort freinent la pratique.

Femmes en période de grossesse ou de post-partum

- Peu d'études ont étudié les déterminants des changements de pratiques d'activité physique chez les femmes en période de grossesse ou de post-partum.
- Il apparaît qu'une pratique antérieure, la nulliparité, le niveau d'éducation et le revenu familial favoriseraient la pratique.
- Les principales raisons évoquées par les femmes pour expliquer leur non-investissement dans la pratique d'activité physique sont :
 - le manque de temps et la crainte des conséquences sur le fœtus, principalement ; les études étrangères ont également mis en avant l'appréhension des risques liés à la pratique, le manque de motivation et le manque d'incitation des professionnels impliqués dans la prise en charge ;
 - le manque de soutien de la part du conjoint et les difficultés des tâches liées à la parentalité, dans la période du post-partum.
- Les facteurs liés à l'environnement ne sont pas documentés à ce jour pour les femmes en période de grossesse ou de post-partum.

Personnes âgées de plus de 65 ans

- Le passage à la retraite est associé à une augmentation de l'activité physique de loisirs.
- Les principaux facteurs associés à l'activité physique sont :
 - sociodémographiques (l'âge (moins la personne est âgée, plus elle pratique), le sexe masculin, un statut socio-économique élevé et l'état de santé ou la perception de celui-ci constitue des facteurs déterminants du maintien d'une activité physique) ;
 - psychosociaux (auto-efficacité, planification de l'action, intention de faire de l'exercice, étape de changement de comportement, réalisation d'objectifs) ;
 - comportementaux (antécédents de pratique à l'âge adulte).
- *Environnementaux* :
 - peu d'études portent sur les facteurs environnementaux associés à l'activité physique des personnes âgées de plus de 65 ans ;
 - le potentiel piétonnier est associé au niveau de marche liée au transport actif
 - la présence de lieux et d'installations de loisirs, l'environnement de transports et social seraient associés à la pratique d'activité physique ;
 - chez les femmes, le placement en institution et la perte de relations interpersonnelles sont associés à une plus faible activité physique ;
 - des facteurs tels que les facteurs psychosociaux peuvent interagir plus fortement avec l'environnement : ainsi, l'auto-efficacité, le soutien social associé à un environnement favorable favorise l'AP des personnes âgées ;
 - chez les femmes, le milieu rural est un facteur défavorisant ; cet effet est observé chez les hommes en milieu urbain.

A l'inverse, la perception d'une fragilité, le manque de soutien social, les antécédents d'habitude sédentaire, la perception de l'activité physique comme dangereuse ou non nécessaire et la perception de difficultés d'accessibilité freinent la pratique. Un état de stress est un déterminant négatif du maintien d'une activité physique.

LFA

L'ensemble des facteurs associés à la pratique ou à la non-pratique d'activité physique reconnus pour la population générale sont applicables aux personnes LFA. Certains facteurs supplémentaires sont propres à cette population.

Les facteurs associés à l'activité physique sont :

- l'engagement et le soutien des proches jouent un rôle particulièrement important chez ce public. Les expériences positives antérieures de pratique sont également favorisantes ;
- les incitations initiées au plus tôt par le personnel médical ou éducatif ;
- les politiques d'incitation et de soutien à la pratique d'activité physique spécifique ;
- les opportunités de pratique : accessibilité des structures et accompagnement compétent.

Les principales barrières à la pratique d'activité physique sont liées à la déficience ou pathologie (sévérité, traitements, etc.). Les attitudes et représentations négatives, la perception de dangerosité de l'AP, de sa difficulté d'accessibilité, par la personne LFA ou son entourage sont également des obstacles majeurs. Enfin, les habitudes de vie sédentaires, le surcoût de la pratique, le manque de soutien et d'information à propos des bénéfices d'activité physique et de lignes directrices spécifiques dans les recommandations, la rareté des initiatives de promotion de d'activité physique pour ce public freinent également la pratique d'une activité physique régulière.

3.2.2 Facteurs associés aux comportements sédentaires

Dans l'environnement actuel caractérisé par une pléiade d'opportunités d'activités de très faible intensité, il est nécessaire d'identifier les facteurs conditionnant le choix de ces loisirs sédentaires. En effet, il semblerait que les temps de sédentarité aient, en fonction du contexte, des déterminants différents de ceux de la pratique d'AP.

Owen et al. (2011) ont proposé un modèle écologique du comportement sédentaire (Figure 19) adapté du modèle de Sallis et al. pour l'activité physique (Sallis et al. 2006). Ce modèle contribue à identifier les contextes dans lesquels les comportements sédentaires sont mis en œuvre. Comme pour l'AP, les principaux contextes identifiés sont l'environnement domestique (temps passé devant un écran), le travail (profession nécessitant un temps assis prolongé plus ou moins élevé), les transports (temps passé assis en voiture, dans les transports en commun) et les loisirs.

De nombreux facteurs sont susceptibles d'intervenir sur ces comportements. Les recherches sur les facteurs associés aux comportements sédentaires ont été principalement axées sur les enfants et il reste un large éventail d'éléments de preuve encore à recueillir sur les facteurs associés au comportement sédentaire (Owen 2012). En effet, à ce jour, un plus faible nombre de travaux ont porté sur les adultes et les personnes âgées, malgré le temps considérable passé par ces groupes de population à des activités sédentaires. De manière empirique, les normes et habitudes sociales favorisent largement le comportement sédentaire. Par exemple, il est demandé d'être assis en réunion, en classe, pour un spectacle, tout comme il est courtois de proposer une chaise ou de s'asseoir.

3.2.2.1 Enfants et adolescents

Aujourd'hui, les enfants et les adolescents vivent dans un environnement caractérisé par une pléthore d'opportunités de comportements sédentaires dans leur vie quotidienne. Il paraît opportun d'identifier les facteurs qui conditionnent le choix d'un loisir sédentaire. Cependant, à la différence de l'AP, les facteurs associés à la sédentarité ont été relativement peu étudiés et restent mal connus chez les jeunes. Des travaux sur la sédentarité des enfants et des adolescents émergent toutefois progressivement depuis quelques années.

Une des premières études sur les déterminants du comportement sédentaire des jeunes a été réalisée aux Etats-Unis sur près de 17 800 adolescents de 11 à 15 ans. Cette étude longitudinale a mis en avant une influence prépondérante des facteurs sociodémographiques (éducation de la mère, revenu familial, groupe ethnique, âge, sexe) ; en comparaison, dans la même tranche d'âge, l'AP serait davantage sous dépendance de facteurs environnementaux (Gordon-Larsen et al. 2000). Au sein de ce même groupe d'âge, une étude transversale (de 878 adolescents) a rapporté des influences psychosociales et environnementales distinctes en fonction du sexe (Norman et al. 2005). Dans cette étude, les filles de 13-15 ans avaient une probabilité plus élevée de passer davantage de temps (> 240 min/j) dans des loisirs sédentaires que les filles de 11 à 12 ans (OR = 1,69 ; IC_{95%} = [1,18 - 2,44]). La réduction du risque d'être dans le groupe « sédentaire » était liée à des scores élevés sur les stratégies de changement, des attitudes positives par rapport au changement, de l'auto-efficacité et de la définition de règles concernant l'usage de la télévision et des jeux vidéo. En revanche, des scores élevés pour l'opposition au changement, le plaisir retiré des comportements sédentaires et l'existence de reliefs (pentes) dans le quartier étaient associées à un risque augmenté d'adoption de comportements sédentaires (Norman et al. 2005). Chez les garçons, être plus âgé (13-15 ans), non-Caucasien ou en surcharge pondérale augmentait les risques de sédentarité.

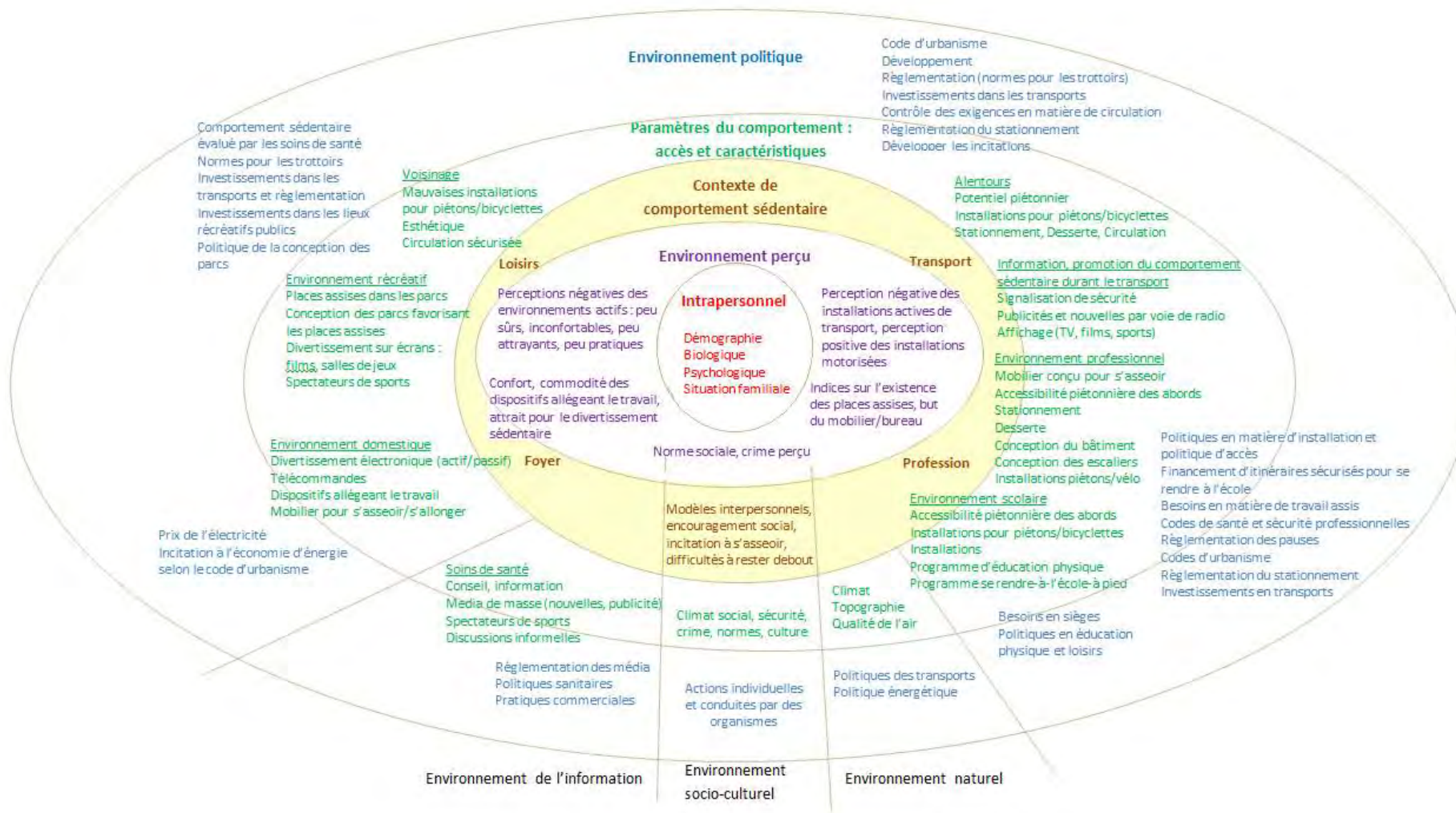


Figure 19. Modèle écologique du comportement sédentaire (adapté de Owen et al. 2011).

Plus récemment, quelques études se sont intéressées aux enfants prépubères. Les études françaises se sont essentiellement intéressées au temps passé devant un écran (télévision, ordinateur et vidéo). Collectées à partir d'un échantillon de plus de 2 500 enfants de 7 à 9 ans représentatif de la population française de cet âge, les données ont permis d'indiquer que le temps total passé quotidiennement devant un écran était fonction du sexe et du statut pondéral de l'enfant (Péneau et al. 2011). Dans cette étude, le temps télévisuel a été particulièrement pris en compte afin d'identifier les déterminants d'un temps inférieur ou supérieur à 2 heures par jour. Il a été montré que les enfants passant quotidiennement 2 heures et plus devant la télévision sont plus âgés, fréquentent une école en zone d'éducation prioritaire (ZEP), se rendent à l'école à pied ou à vélo, ne font pas partie d'un club de sport, sont perçus comme « inactifs » par leurs parents et sont issus d'une fratrie nombreuse (au moins 4 enfants) (Péneau et al. 2011). Les mères de ces enfants semblent être plus jeunes, en surpoids, d'un statut professionnel précaire et avoir un niveau d'éducation inférieur au baccalauréat (Péneau et al. 2011). Enfin, cette étude qui définit la sédentarité par un temps de télévision ≥ 2 h/j, a mis en évidence un profil différent de la sédentarité des enfants en fonction du statut pondéral des mères (Péneau et al. 2011) :

- chez les enfants d'une mère de poids normal : le risque est augmenté par l'âge (9 ans contre 7 ans), par des parents d'un niveau d'éducation inférieur au lycée, par le fait de fréquenter une école en ZEP, de ne pas appartenir à un club sportif ou d'être déclarés comme « inactifs » par les parents ;

- chez les enfants dont la mère est en surpoids ou obèse : le risque a été associé au critère de famille nombreuse (dès 4 enfants contre 2 ou 3 enfants) et à des parents n'ayant pas d'activité professionnelle (contre les reports de professions cadres).

Une étude d'observation nord-américaine a étudié la sédentarité chez les enfants préscolaires (3-5 ans) et ses déterminants potentiels d'ordres biologique, démographique, psychosocial, comportemental et environnemental (Byun et al. 2011). Dans cette étude, la sédentarité a été évaluée par accélérométrie (seuil choisi < 150 cpm) pendant deux semaines auprès d'un échantillon de 331 enfants (51 % de garçons et 51 % d'afro-américains). Les auteurs ont rapporté qu'il n'existait aucune différence de temps de sédentarité selon le groupe ethnique, le niveau d'éducation des parents, l'emploi des parents, le type de logement et le sexe de l'enfant (Byun et al. 2011). En revanche, des facteurs tels que l'indice de corpulence de l'enfant, son poids de naissance, son niveau d'AP perçu par les parents, sa capacité de coordination, l'existence d'aires de jeu et le niveau de disponibilité d'équipements pour l'AP étaient significativement associés à la sédentarité de l'enfant (Byun et al. 2011). Chez les filles, en particulier, le plaisir retiré par les adultes de la pratique physique et le soutien familial étaient négativement associés à la sédentarité. L'influence de l'IMC sur le temps sédentaire est plus marquée chez les filles alors que le temps passé devant un écran pendant les jours d'école déterminerait plus le temps sédentaire total des garçons (Byun et al. 2011).

Par ailleurs, plusieurs revues systématiques ont permis de rassembler des données concernant les déterminants de la sédentarité des jeunes (Pate et al. 2011, Uijtdewilligen et al. 2011, van Der Horst et al. 2007). Selon les auteurs (Uijtdewilligen et al. 2011), les études impliquant des adolescents (de plus de 12 ans ou de 13 à 18 ans) se sont focalisées sur la sédentarité en général alors que les études menées chez les enfants (de 4 à 12 ans ou jusqu'à 12 ans) ont davantage étudié la sédentarité sous l'angle du temps télévisuel et des jeux vidéo. Sur la base d'une trentaine d'études publiées entre 2004 et 2010 et en raison de leur faiblesse sur le plan méthodologique, une de ces revues a conclu au manque de preuves permettant d'identifier relatives aux déterminants de la sédentarité des jeunes (Uijtdewilligen et al. 2011). En revanche, Pate et al. (2011) ont proposé une interprétation quelque peu différente des déterminants de la sédentarité des enfants (6-11 ans) et adolescents (12-15 ans et 16-19 ans). Ces auteurs n'ont toutefois pas systématiquement évalué la qualité méthodologique des études sélectionnées.

Ces revues ont permis d'évaluer le rôle joué par des déterminants potentiels de la sédentarité d'ordre sociodémographique, biologique, psychosocial, comportemental et environnemental. Ainsi, ont été associés/corrélés à un temps de sédentarité plus élevé/des comportements sédentaires les facteurs suivants :

- sociodémographiques : les enfants les plus sédentaires semblent être les plus âgés, les non-Caucasiens et ceux issus de familles défavorisées (faible revenu et faible niveau d'éducation des parents). En revanche, les données concernant l'influence du sexe sont variables selon les études. Enfin, l'âge des parents, notamment celui de la mère, serait en relation avec le niveau de sédentarité des enfants. Plus elle est âgée, plus l'enfant aurait tendance à passer du temps devant un écran ;
- biologiques : la moitié des études ne montre aucune relation entre l'IMC des jeunes et la sédentarité. Néanmoins, les études ayant utilisé une méthode « objective » pour évaluer la sédentarité concordent sur l'association positive entre le temps de comportement sédentaire et l'augmentation de l'indice de corpulence des enfants. Par ailleurs, les enfants les plus matures semblent passer davantage de temps dans les loisirs sédentaires. Il n'existe toutefois aucune étude ayant examiné cette relation sur la base d'une évaluation objective de la sédentarité ;
- psychosociaux : il existe peu de données sur l'influence des facteurs psychosociaux dans les habitudes sédentaires des jeunes. Les parents qui imposeraient des règles strictes, limitant l'accès à l'écran, semblent avoir des enfants moins sédentaires que les autres. Par ailleurs, les enfants montrant un certain intérêt pour l'AP sont également moins sédentaires (King et al. 2011). Enfin, une étude a révélé que les enfants de parents exprimant un sentiment d'insécurité de leur voisinage seraient plus sédentaires (van Sluijs et al. 2010) ;
- comportementaux : l'analyse des relations entre l'AP des jeunes et leur sédentarité commence à faire l'objet de travaux scientifiques. Pour l'heure, les résultats montrent que ces deux comportements peuvent à la fois coexister et être en compétition, suggérant une relation complexe (Guinhouya et al. 2007). Une étude a montré que les loisirs sédentaires liés à la communication (téléphoner ou communiquer par sms) sont négativement associés à l'AP des adolescents (Leatherdale 2010). L'AP des parents ne semble présenter aucune relation avec la sédentarité de leurs enfants. En revanche, le temps parental devant un écran serait en relation directe avec le temps de télévision de l'enfant, ce qu'une étude ayant évalué la sédentarité par accélérométrie ne confirme pas (King et al. 2011) ;
- environnementaux : le nombre de télévisions et d'ordinateurs dans le ménage augmenterait le temps passé par l'enfant devant un écran. De plus, les enfants disposant d'un téléviseur dans leur chambre semblent être plus sédentaires. Il y aurait également un effet saisonnier sur la sédentarité et le temps de télévision des enfants serait plus long pendant l'été (King et al. 2011).

Malgré l'intérêt et la pertinence des paramètres rapportés dans la revue systématique de Pate et ses collaborateurs (2011), il convient d'admettre qu'une faiblesse de ce travail est le manque d'analyse de la qualité des études et des données retenues. Néanmoins, on pourra noter que l'avancée de l'âge, le surpoids/obésité de l'enfant, le contexte familial, y compris la disponibilité d'appareils électroniques/télévisuels ou l'absence de règles strictes sont de nature à encourager les comportements sédentaires chez les enfants et adolescents.

En conclusion, les données manquent pour identifier et caractériser les facteurs associés et les déterminants de la sédentarité chez les jeunes. La revue systématique de Pate et al. (2011) apporte un éclairage intéressant mais d'autres études sont nécessaires et l'analyse de la qualité des études et des données retenues mériterait d'être renforcée.

Facteurs associés à la sédentarité des enfants et adolescents

- Les facteurs associés aux comportements sédentaires des enfants et des adolescents ont été moins étudiés que ceux de l'activité physique.
- Les données existantes ont permis d'identifier des facteurs associés à la sédentarité mais n'ont pas permis de conclure à des relations causales, parmi lesquels :
 - le contexte familial (relatif notamment au niveau d'éducation des mères, au niveau de revenu des familles, aux règles de vie) ;
 - le nombre de télévisions/ordinateurs disponibles dans les ménages ;
 - l'avancée en âge et un indice de masse corporelle élevé ;
 - l'environnement (établissement scolaire situé dans une zone d'éducation prioritaire).

3.2.2.2 Adultes

La plupart des études menées chez les adultes sont de type transversal et se sont intéressées aux facteurs sociodémographiques et comportementaux, notamment au temps passé à regarder la télévision, et moins aux facteurs cognitifs, sociaux et environnementaux (Rhodes et al. 2012). Cette revue systématique a considéré l'ensemble des publications en langue anglaise, soit 109 articles provenant de divers pays (Australie, Canada, Etats-Unis, Royaume-Uni, Pays-Bas, Espagne, France, etc.).

3.2.2.2.1 Facteurs sociodémographiques

Parmi les facteurs sociodémographiques, le niveau d'éducation, l'âge, l'emploi et l'IMC ont été identifiés comme associés au comportement sédentaire. Une revue systématique a rapporté des associations entre le fait de passer plus de temps devant la télévision et un faible niveau d'éducation, un indice de masse corporelle élevé, l'avancée en âge et le fait d'être sans emploi ou de ne pas travailler à temps complet (Rhodes et al. 2012). D'autres études ont également associé un faible niveau d'éducation ainsi que le fait d'habiter en milieu rural, à un temps passé devant la télévision plus élevé (Clark et al. 2010, Teychenne et al. 2012). Aux Etats-Unis, un faible niveau d'éducation et l'obésité étaient associés à une temps égal ou supérieur à 4 h passé quotidiennement devant la télévision (King et al. 2010). Une étude longitudinale menée en Australie (suivi de 4 ans) a montré que les adultes les plus à risque d'augmenter le temps passé à regarder la télévision étaient ceux qui avaient avec un faible niveau d'éducation, d'AP au travail et liée au transport, les hommes ayant une AP domestique élevée et les adultes ne travaillant pas et vivant dans des quartiers peu favorables pour la marche (Ding et al. 2012). Les tendances sont plus variables d'autres facteurs comme le statut marital et le revenu (Rhodes et al. 2012). Avec l'âge, les adultes ont tendance à passer plus de temps devant la télévision sans que les causes liées à ce changement ne soient connues.

Les femmes ayant déclaré un temps de télévision élevé avaient globalement un temps de comportement sédentaire (en dehors du travail) plus long et un temps d'AP de loisirs plus court ; ces résultats n'ont pas été observés chez les hommes (Sugiyama et al. 2008).

Concernant le temps passé devant un ordinateur, les personnes qui l'utilisent beaucoup ont tendance à être plus jeunes et plus éduquées que les personnes qui l'utilisent le moins ; les personnes jouant aux jeux vidéo sont plutôt des hommes.

Si on s'intéresse au comportement assis en général, celui-ci n'est pas associé au niveau d'éducation ou au genre. La présence d'enfants à la maison serait associée à un comportement moins sédentaire. Les études portant sur l'association avec le type d'emploi ou l'AP professionnelle sont trop peu nombreuses pour permettre d'avancer des conclusions.

Il est intéressant de souligner que les facteurs socio-démographiques associés à l'AP ont également été retrouvés dans des études menées en Europe (Stamatakis et al. 2009, van Dyck et al. 2011) ; cela pourrait également être le cas pour les facteurs associés à la sédentarité.

Les facteurs sociodémographiques, tels qu'un faible niveau d'éducation, l'avancée en âge, un IMC élevé et le fait d'être sans emploi ou de travailler à temps partiel ont été associés à un temps élevé passé devant la télévision.

Chez les femmes, un temps de télévision élevé a été associé à comportement plus sédentaire lors des loisirs et à un temps d'AP de loisirs plus faible, ce qui n'a pas été observé chez les hommes.

3.2.2.2 Facteurs psychosociaux

Peu d'études sont disponibles sur le rôle des facteurs psychosociaux. Les études disponibles ont montré que les symptômes dépressifs et une faible satisfaction vis à vis de la vie ont tendance à être associés à un comportement sédentaire (Rhodes et al. 2012). Une étude menée en Australie, en population générale, a montré que le plaisir procuré par la télévision et les barrières perçues à l'AP (coût, engagement dans le travail) étaient des facteurs associés à un temps élevé passé à regarder la télévision (≥ 14 h/sem) (Salmon et al. 2003).

3.2.2.3 Facteurs comportementaux

La consommation d'alcool et de tabac n'apparaît pas liée au comportement sédentaire malgré des études plus mitigées sur la consommation de tabac (Rhodes et al. 2012). Si une association entre les calories ingérées et le comportement sédentaire a été observée chez les jeunes, celle-ci n'a pas été mise en évidence chez l'adulte (Ryan et al. 2012). Enfin, un temps élevé passé à regarder la télévision est associé à un niveau faible d'AP de loisir, mais cette association n'est pas valable si on considère le temps total passé assis et l'utilisation de l'ordinateur (Ryan et al. 2012).

Il est à noter que des différences ont été observées entre les types de comportements sédentaires. Par exemple, les facteurs associés au temps passé à regarder la télévision et travailler sur ordinateur sont les mêmes (éducation, âge), mais ils agissent dans des sens opposés. Cette remarque souligne l'importance de mesurer le temps passé à des comportements sédentaires considérant leurs types et leurs contextes.

3.2.2.4 Facteurs environnementaux

Des preuves émergent sur les facteurs environnementaux associés au comportement sédentaire à partir d'études ayant mesuré ce comportement par des méthodes auto-déclaratives (Kozo et al. 2012, van Dyck et al. 2011) ou objectives (van Dyck et al. 2010). En particulier, le « potentiel piétonnier » du quartier de résidence (soit sa capacité à favoriser la marche) a fait l'objet d'études dont les résultats restent contradictoires, ce qui peut s'expliquer en partie par les différences de méthodes de mesure du comportement sédentaire. En particulier, une étude australienne dans laquelle le comportement sédentaire était auto-déclaré a montré qu'un potentiel piétonnier plus faible était associé à un temps passé à regarder la télévision plus élevé chez des femmes (Sugiyama et al. 2007). Cependant, une étude menée en Belgique, dans laquelle le comportement sédentaire a été mesuré par accéléromètre, a montré que vivre dans un quartier dont le potentiel piétonnier était plus élevé était associé à un temps de sédentarité plus élevé (van Dyck et al. 2010). Ces résultats contradictoires sont-ils vraiment liés à la méthode de mesure du comportement sédentaire ou peuvent-ils également être expliqués par une culture différente entre les pays, voire les continents ? En effet, la plupart des études disponibles vient d'Australie ou des États-Unis et pose la question de la transposabilité des résultats obtenus aux pays européens, en témoignent les résultats contradictoires mis en évidence dans la littérature (van Dyck et al. 2012).

Dans une étude australienne menée chez des femmes, il n'a pas été mis en évidence de relation entre les facteurs d'environnement physique (sécurité, esthétique de l'environnement, distance des installations et des lieux d'intérêt) et le temps passé à regarder la télévision (Teychenne et al. 2012).

Dans une étude australienne menée chez des femmes, il n'a pas été mis en évidence de relation entre les facteurs d'environnement physique (sécurité, esthétique, distance des installations et des lieux d'intérêt) et le temps passé à regarder la télévision (Teychenne et al. 2012).

Concernant l'environnement domestique, une étude belge a montré que les personnes qui possèdent une télévision de plus grande taille avaient tendance à la regarder plus longtemps et celles qui possèdent un plus grand nombre d'ordinateurs passent plus de temps à utiliser internet pendant leur temps de loisirs. Il n'a pas été mis en évidence d'association entre le nombre de télévisions et le temps passé à la regarder (van Dyck et al. 2011).

L'influence de l'environnement sur la sédentarité de l'adulte reste assez peu documentée. Actuellement, les données disponibles sur le lien entre le potentiel piétonnier et le comportement sédentaire restent contradictoires.

Facteurs associés à la sédentarité des adultes

- Les facteurs associés au comportement sédentaire évoluent en fonction du type de comportement sédentaire (télévision, ordinateur, etc.). Il est important de mesurer à la fois le temps passé à des comportements sédentaires, leurs types et leurs contextes.
- Un temps élevé passé devant la télévision est associé à un niveau d'éducation plus faible, un indice de masse corporelle plus élevé, à l'avancée en âge et au fait d'être sans emploi ou à ne pas travailler à plein temps.
- Le plaisir procuré par la télévision et les barrières perçues à l'activité physique sont associés à un temps élevé devant la télévision.
- Les symptômes dépressifs et une faible satisfaction vis à vis de la vie ont tendance à être associés à un comportement sédentaire.

3.2.2.3 Femmes en période de grossesse ou de post-partum

Les déterminants des comportements sédentaires des femmes en période de grossesse et en période de post-partum ne sont actuellement pas documentés. La recherche bibliographique menée par le groupe de travail n'a en effet pas permis de recenser de publication sur cette thématique, dans la littérature française ou internationale. Des études sur les facteurs associés à la sédentarité chez les femmes en période grossesse et de post-partum sont donc nécessaires.

3.2.2.4 Personnes âgées de plus de 65 ans

Si des déterminants de l'AP ont été identifiés, peu d'études se sont intéressées, en France et à l'étranger, aux déterminants du comportement sédentaire chez les personnes âgées. Nous ne savons actuellement pas si les déterminants de l'AP déterminent également le comportement sédentaire.

Une étude qualitative récente, menée en Ecosse chez des femmes de 65 ans et plus (11 personnes) s'est intéressée à cette question et a montré que certains déterminants du comportement sédentaire étaient communs à l'AP (auto-efficacité, limitations fonctionnelles,

agéisme¹², stéréotypes négatifs) et que d'autres étaient spécifiques (locus de contrôle¹³, douleur) (Chastin et al. 2014). Dans cette étude, le comportement sédentaire était vu comme une nécessité par les femmes âgées et était intégré à leur activité quotidienne comme moyen de gérer les symptômes de leur maladie chronique, de retrouver de l'énergie ou de la conserver et d'avoir une vie plus facile et plaisante (Chastin et al. 2014). Ce comportement est alors plutôt considéré comme une stratégie d'adaptation qui permet de maintenir un état fonctionnel et une indépendance, que comme un comportement délétère pour la santé. Il est par ailleurs important de considérer que la plupart du temps, les activités réalisées en position assise ont une valeur sociale et favorisent l'activité cérébrale et la stimulation mentale (Chastin et al. 2014).

Une étude a observé les associations potentielles entre 4 catégories de déterminants (de nature démographique, socio-économique, biomédicale, ou liée au mode de vie) collectés en moyenne 31 ans plus tôt et le temps de sédentarité mesurées par accéléromètre chez des personnes âgées de 73 à 92 ans (565 participants). Le fait de ne pas être marié, un plus faible niveau d'éducation, vivre en appartement, un indice de masse corporelle $\geq 30 \text{ kg/m}^2$ et avoir déclaré une des maladies cardiaques étaient significativement associés à un temps de sédentarité quotidien plus élevé à un âge avancé (van der Berg et al. 2014). Ces résultats suggèrent la possibilité de prédire le comportement sédentaire de personnes âgées plusieurs années avant que celui-ci ne se manifeste, ce qui permettrait d'envisager des interventions visant à réduire le temps passé assis beaucoup plus tôt et de façon plus progressive.

Chez les personnes âgées de 65 ans et plus, les études qui se sont intéressées aux relations entre environnement et comportement sédentaire sont encore minoritaires. Il est probable que les interactions suggérées entre les facteurs pouvant influencer sur l'AP, notamment entre l'environnement construit et les facteurs psychosociaux (Owen et al. 2004), soient également valables pour le comportement sédentaire. Ainsi, des recherches complémentaires sont nécessaires pour explorer ces interactions entre environnement et comportement sédentaire, mais également entre le comportement sédentaire et l'AP.

Facteurs associés à la sédentarité chez les personnes âgées de plus de 65 ans

- Peu d'études se sont intéressées aux déterminants du comportement sédentaire chez les personnes âgées de plus de 65 ans.
- Chez les femmes de plus de 65 ans, certains déterminants seraient communs à l'activité physique (auto-efficacité, limitations fonctionnelles, attitude agéiste, stéréotypes négatifs), d'autres seraient spécifiques au comportement sédentaire (locus de contrôle, douleur). Les représentations liées au comportement sédentaire sont plutôt positives (besoin de repos, de conserver de l'énergie).
- Le comportement sédentaire des personnes de plus de 70 ans pourrait être prédit par des déterminants identifiés à l'âge adulte (vers la quarantaine) tels que le célibat, le niveau d'éducation faible, la vie en appartement, l'obésité, une pathologie cardiaque.

¹² Attitudes et croyances défavorables à l'égard des âgés.

¹³ Croyances relatives au fait que les actions affectent ou non les résultats.

3.2.2.5 Personnes déclarant une limitation fonctionnelle d'activité (LFA)

Les facteurs associés aux comportements sédentaires ont été peu étudiés en tant que tels chez les personnes LFA, le regard étant davantage porté sur les obstacles à la pratique d'une AP comme facteur favorisant les comportements sédentaires. De façon générale, les conditions médicales et les conditions de vie des personnes LFA favorise les comportements sédentaires.

Rimmer (2012) a distingué plusieurs facteurs associés à une déficience ou pathologie favorisant les comportements sédentaires et la limitation d'activité chez les personnes LFA. Parmi ces facteurs, l'idée « d'épargner son énergie » est vitale pour la personne LFA, les aides techniques, les difficultés d'accessibilité, le manque d'opportunités de participation, ou encore l'idée que toute AP est risquée pour ce public encore prégnante chez les proches, les personnels soignants/éducatifs, facteurs qui entraînent des comportements de protection, en restreignant les possibilités de participation, favorisent les comportements sédentaires des personnes LFA. En outre, l'absence de connaissances sur les risques associés à l'inactivité et la sédentarité n'incitent pas à une modification des comportements. En outre, l'avancée en âge, l'état de santé et le statut médical (gravité de la limitation fonctionnelle, réduction de la mobilité chez les personnes atteintes d'une déficience motrice sévère, utilisation d'appareillage lourd, effets secondaires des traitements, éventuels symptômes secondaires, etc.) renforcent les comportements sédentaires.

Facteurs associés à la sédentarité des personnes LFA

- Les conditions médicales (déficience ou pathologie, effets secondaires des traitements, symptômes secondaires, mobilité réduite), les conditions de vie (appareillage lourd, aides techniques, accessibilité réduite, etc.) et l'avancée en âge.
- Les limitations d'accès aux pratiques d'AP.
- Le manque de connaissance sur les risques associés à la sédentarité n'incite pas à une modification des comportements, que ce soit de la part des proches, des personnels soignants/éducatifs, ou des personnes LFA elles-mêmes.

Identification des facteurs associés à la sédentarité

Les facteurs associés au comportement sédentaire évoluent en fonction du type de comportement sédentaire (télévision, ordinateur, etc.). Il est important de mesurer à la fois le temps passé à des comportements sédentaires, leurs types et leurs contextes.

Enfants et adolescents

- Le contexte familial (niveau d'éducation de la mère, niveau de revenu de la famille, nombres d'écrans par ménage et mise en place de règles associées).
- L'avancée en âge et un indice de masse corporelle élevé.
- L'environnement (établissement scolaire situé dans une zone d'éducation prioritaire).

Adultes

- Chez l'adulte, les facteurs identifiés sont :
 - l'avancée en âge, un indice de masse corporelle (IMC) élevé, un faible niveau d'éducation et le fait d'être sans emploi ou de ne pas travailler à plein temps ;
 - des symptômes dépressifs et une faible satisfaction de la vie.

Femmes en période de grossesse ou de post-partum

- Les déterminants des comportements sédentaires des femmes en période de grossesse ne sont actuellement pas documentés.

Personnes âgées de plus de 65 ans

- Peu d'études se sont intéressées aux facteurs associés au comportement sédentaire chez les personnes âgées de plus de 65 ans. Les données disponibles ne permettent pas de conclure.

Personnes LFA

- Le comportement sédentaire des personnes LFA est associé au type de déficience, aux conditions médicales et aux conditions de vie.
- De manière générale, une LFA favorise les comportements sédentaires, d'autant plus qu'elle altère la mobilité de la personne.
- Les limitations d'accès aux pratiques d'activité physique et le manque de connaissances sur les risques associés à la sédentarité n'incitent pas à une modification des comportements, que ce soit de la part des proches, des personnels soignants/éducatifs ou des personnes LFA elles-mêmes.

Conclusion

Les comportements liés à l'activité physique et à la sédentarité sont complexes et multifactoriels. L'identification et la compréhension des facteurs permettant d'expliquer ces comportements sont d'une importance majeure pour développer et améliorer les interventions de santé publique visant à promouvoir l'activité physique ou réduire la sédentarité. Ces facteurs, qu'ils favorisent ou limitent les comportements actifs ou sédentaires, sont toutefois nombreux et souvent en interaction.

Les facteurs diffèrent selon les populations identifiées. Dans l'ensemble, les principaux facteurs identifiés sont démographiques, psycho-sociaux, socio-économiques, physiologiques et environnementaux. Les recherches menées par le groupe de travail ont mis en avant la difficulté, dans les études, de distinguer facteurs associés et déterminants, termes respectivement employés dans le rapport lorsqu'une relation sans lien causal a été identifiée et lorsqu'une relation causale a été confirmée. Le groupe de travail a essentiellement identifié des facteurs associés à l'activité physique et à la sédentarité. Ceux-ci, parfois spécifiques à une population, sont présentés dans l'encadré ci-dessus.

3.3 Effets de l'activité physique et de la sédentarité sur la santé

3.3.1 Mortalité générale

3.3.1.1 Activité physique et mortalité générale

3.3.1.1.1 Expertise collective Inserm (2008)

L'Expertise collective Inserm a conclu à une réduction du risque relatif de décès prématuré chez les personnes actives comparées au moins actives. Selon les études, le niveau et le type d'activité physique (AP) considérés, cette diminution du risque variait entre 2 et 58 %. L'intérêt de l'AP a surtout été observé chez l'homme, et un effet dose-réponse a même été rapporté. Toutefois, les modalités de pratique, la quantité (intensité, durée et fréquence) et les types d'AP à privilégier, restent à préciser.

3.3.1.1.2 Données récentes

Une méta-analyse a rassemblé 33 études de cohorte publiées entre 1992 et 2007 avec un suivi d'au moins 3 ans (4 à 20 ans de suivi), soit plus de 880 000 participants. Cette publication a montré une réduction de 33 % de la mortalité générale toutes causes confondues chez les personnes les plus actives comparées au moins actives ($IC_{95\%} = 28-37\%$). Les études ayant utilisé un questionnaire pour évaluer le comportement d'AP ont rapporté une diminution moindre (29 %) que lorsqu'un paramètre de condition physique était mesuré (41 % pour la consommation maximale d'oxygène) (Nocon et al. 2008).

Comparativement à des sujets inactifs, l'adhésion aux recommandations¹⁴ de pratique d'AP a été associée à une augmentation de l'espérance de vie, quel que soit l'état de santé : aux Etats-Unis, l'analyse des données d'une cohorte d'adultes de plus de 18 ans sur 8 ans (environ 243 000 sujets) a montré que le risque de mortalité toutes causes confondues était diminué de 23 % chez les sujets qui ne présentaient pas de pathologie chronique (Schoenborn and Stommel 2011). Un plus grand bénéfice a été rapporté chez les sujets ayant déclaré au moins une pathologie chronique, soit 46 % de diminution chez ces derniers.

La méta-analyse de Woodcock et al. (2011) a montré un effet protecteur de l'AP sur la mortalité toutes causes par les AP d'intensités faible à modérée. Cette publication a rassemblé 22 études, regroupant soit 977 925 individus. Une diminution de la mortalité de 19 % a été observée chez les sujets qui pratiquaient 2 h 30 d'AP d'intensité modérée par semaine (11 METs-h/semaine, soit les recommandations actuelles de l'OMS), comparativement à ceux qui ne pratiquaient pas ($IC_{95\%} = [18 - 24]\%$) (Woodcock et al. 2011).

D'autres études menées dans les pays scandinaves ont confirmé les bénéfices d'une pratique régulière sur l'espérance de vie (Bellavia et al. 2013, Borch et al. 2011, Gulsvik et al. 2012). Le suivi d'une cohorte d'environ 30 000 hommes pendant 13 ans, âgés de 45 à 79 ans à l'inclusion, a mis en évidence un gain d'espérance de vie de 30 mois chez les sujets ayant déclaré une quantité totale d'AP équivalente à 41 METs-h/jour (médiane) comparés à ceux pratiquant le moins (29 METs-h/jour) (Bellavia et al. 2013). Cette étude a rapporté que chez les hommes dont le niveau d'AP total était inférieur à la médiane (41 METs-h/jour), une augmentation d'AP équivalente à 4 METs-h par jour, soit l'équivalent de 30 minutes par jour de marche rapide, était associée à un gain d'espérance de vie de 11 mois. Au-delà de cette médiane, une augmentation d'AP n'était pas associée à un gain de l'espérance de vie (Bellavia et al. 2013). Une autre étude a suivi une cohorte de 66 136 femmes âgées de 30 à 70 ans à l'inclusion pendant environ 11 ans (Borch et al. 2011). Comparé au niveau modéré d'AP, défini dans cette étude par un niveau 5 sur une échelle graduée de 1 à 10, les auteurs ont observé une mortalité toutes causes confondues plus forte chez les femmes ayant de faibles niveaux d'AP (niveaux 1 à 4), avec un risque pouvant être multiplié

¹⁴ Soit au moins 150 minutes d'AP d'endurance d'intensité modérée, 75 minutes d'AP d'intensité élevée par semaine ou une combinaison équivalente.

par 2,35 chez les femmes les moins actives (niveau 1). Ces auteurs ont estimé que 11,5 % de la mortalité générale était attribuable à une AP insuffisante (Borch et al. 2011). Les résultats du suivi, sur une période de 42 ans, de 6 811 personnes âgés de 22 à 75 ans ont montré qu'un niveau élevé d'AP était associé à une diminution de 37 % de la mortalité toutes causes confondues, comparativement à une absence ou à un niveau d'AP faible (Gulsvik et al. 2012). Pour les sujets ayant un niveau modéré, cette diminution a été évaluée à 25 %. Les baisses de mortalité attribuées à la pratique régulière étaient constantes dans tous les groupes d'âge.

L'Expertise collective Inserm (2008) concluait à un effet sur la mortalité plus marqué chez les hommes comparés aux femmes mais les études plus récentes ont montré l'inverse. La méta-analyse de (Samitz et al. 2011) a rapporté une plus forte diminution de la mortalité chez les femmes que chez les hommes, et chez les personnes d'un âge supérieur ou égal à 70 ans, ce qui est concordant avec l'ensemble des données antérieures (Löllgen et al. 2009).

Ces méta-analyses et publications récentes confirment les conclusions de l'Expertise collective Inserm (2008) : une activité physique régulière et le suivi des recommandations sont associés à une diminution de la mortalité précoce de 29 à 41 % selon les études. Inversement, l'inactivité ou une AP insuffisante augmenterait la mortalité précoce.

Contrairement aux conclusions de l'Expertise collective Inserm, les études récentes ont rapporté une plus forte diminution de la mortalité précoce chez les femmes que chez les hommes.

Caractéristiques de l'activité physique

Malgré l'existence de recommandations de pratique à partir desquelles des effets sur la santé ont été observés, une intensité et une durée de pratique inférieures peuvent également entraîner une réduction du risque de mortalité précoce, bien que moins marquée (Sabia et al. 2012, Wen et al. 2011, Woodcock et al. 2011).

Il semble exister une relation positive entre l'intensité de la pratique d'AP et la réduction de mortalité (Woodcock et al. 2011). Cette réduction de mortalité a pu être estimée à 24 % (IC_{95%} = [19 - 29 %]) chez les sujets qui pratiquaient 7 h d'activités d'intensité modérée par semaine (31 METs-h/semaine) et de 22 % pour une même durée de pratique hebdomadaire, mais d'intensité faible. Les bénéfices les plus importants ont été observés dans le groupe dont la pratique d'AP varie d'un niveau nul à un niveau faible, suggérant que l'intensité de l'activité n'a pas besoin d'être élevée pour engendrer des bénéfices sur la santé, et que les effets favorables sont d'autant plus marqués que le niveau d'activité physique de départ est faible ; ces résultats ont été confirmés par l'étude de Minton et al. (2013).

Certains auteurs se sont intéressés aux effets potentiellement protecteurs d'activités de faible intensité. Ainsi, des sujets sédentaires qui augmentent leur niveau d'AP d'un niveau modéré pour en arriver à un niveau élevé voient leur risque de mortalité cardiovasculaire diminuer de 23% (Paffenbarger et al. 1993). D'autres études prospectives sont plus encourageantes encore, montrant que sur 4 ans de suivi de presque 6000 sujets sédentaires, le fait d'augmenter l'activité physique jusqu'au niveau de « légèrement actif » (activités inférieures à 3 METs) permet de réduire de 45 % la mortalité d'origine cardiovasculaire par rapport à celle des sujets restés sédentaires (Wannemethee et al. 1998). Le suivi d'une cohorte de plus de 16 500 hommes et femmes pendant 12 ans a permis de montrer que chez les personnes physiquement inactives (< 7,5 METs-h/semaine), plus le temps passé debout pendant les activités scolaires, domestiques ou de travail était élevé, plus le taux de mortalité par maladies cardiovasculaires était faible ; par rapport aux sujets étant le plus souvent assis, les auteurs estiment à 21 % à 35 % la réduction du risque de mortalité par maladie cardiovasculaire (Katzmarzyk et al. 2013). Chez des sujets n'atteignant pas les recommandations minimales en AP, le fait de pratiquer 15 min d'AP par jour, 6 jours par semaine, ou seulement 90 min par semaine, est associé à une réduction de 20 % du risque de mortalité par maladie cardiovasculaire (Wen et al. 2011). Ces effets bénéfiques sur la réduction de la mortalité ont été observés quel que soit l'âge (20 ans et plus), même chez des sujets présentant d'autres facteurs de risque cardiovasculaires.

Enfin, d'autres études ont montré que la réduction de la mortalité était plus forte chez les pratiquants d'AP d'intensité élevée et d'activités sportives, que chez ceux qui avaient des activités d'intensité modérée (Samitz et al. 2011).

La durée de pratique est aussi un facteur à considérer afin de définir les modalités de l'AP. A ces fins, une étude de cohorte prospective a été réalisée sur 416 175 individus (199 265 hommes et 216 910 femmes) qui ont été suivis pendant en moyenne 8 ans. Cette étude a montré que 15 minutes d'AP, 6 j/sem, ou 90 min/sem (soit moins que les recommandations de l'OMS) étaient associées à une réduction de 14 % de la mortalité toutes causes confondues (HR = 0,86, IC_{95%} = [0,81 - 0,91]) ; ainsi qu'une augmentation de l'espérance de vie de 3 ans (Wen et al. 2011). Chaque tranche supplémentaire de 15 minutes réduirait ensuite la mortalité de 4 % (IC_{95%} = [2,5 - 7,0]). Ces bénéfices ont été observés quels que soient l'âge (20 ans et plus) et le sexe. Les sujets inactifs (aucune AP ou moins d'1 h/sem) avaient une mortalité accrue de 17 % par rapport aux personnes ayant un faible volume d'AP (HR = 1,17 ; IC_{95%} = [1,10 - 1,24]) (Wen et al. 2011). Dans la cohorte Whitehall II, composée de 7 456 hommes et femmes suivis pendant 9,6 ans en moyenne, une mortalité plus faible, de 33 %, toutes causes confondues a été observée chez les individus ayant déclaré au moins 1 h/j d'AP d'intensité modérée comparativement à ceux qui avaient déclaré moins d'1 heure (Sabia et al. 2012).

Williams et al. (2013) ont étudié les relations entre la durée quotidienne et l'intensité de la marche de loisirs et la mortalité sur une cohorte d'environ 39 000 marcheurs suivis en moyenne pendant 9,4 ans. L'inclusion de personnes marchant beaucoup ($\geq 5,4$ METs-h/j, équivalent à $\geq 1,4$ h ou 8 km par jour de marche rapide) a montré que le risque de mortalité toutes causes confondues était le plus faible chez les personnes marchant en moyenne 5 h ou 28 km à intensité modérée par semaine (Williams et al. 2013), soit deux fois les recommandations actuelles de l'OMS. Ces résultats ont mis en avant l'intérêt de pratiquer une AP au-delà des recommandations actuelles.

La vitesse de marche est également un paramètre qui peut permettre de rendre compte des effets de l'AP sur la réduction de la mortalité générale. En effet, les personnes dont la vitesse de marche est < 4 km/h (soit ≤ 400 m lors d'un test de marche de 6 min) ont une mortalité toutes causes confondues plus élevée (44,3 %, $p = 0,0001$). Même les personnes qui atteignent les recommandations de l'OMS en marchant ($\geq 7,5$ METs-h/sem) sont à risque de mortalité plus élevé si la vitesse de marche est < 4 km/h (Williams and Thompson 2013).

Ces résultats suggèrent que les composantes de la condition physique¹⁵ peuvent être de meilleurs prédicteurs de la réduction de la mortalité ou de morbidité que le niveau d'AP lui-même. Cette hypothèse a été confirmée dans plusieurs études (Cooper et al. 2010, Fogelholm 2010, Kodama et al. 2009, Lee et al. 2011, Myers et al. 2004, Nocon et al. 2008), ce qui permet de considérer que ce qui importe pour juger des bénéfices sanitaires attendus par la pratique régulière d'AP, ce sont plus les réponses physiologiques que le travail physique réalisé.

Le type d'AP pratiquée influe sur la mortalité générale. L'étude de Schoenborn et Stommel (2011) a permis de montrer que les activités sollicitant l'aptitude cardio-respiratoire avaient les plus fortes associations avec l'espérance de vie. Dans cette étude, les activités de renforcement musculaire seules contribuaient peu à la diminution du risque de décès mais avaient des effets bénéfiques additionnels à ceux obtenus par les activités en endurance (Schoenborn and Stommel 2011). Plus récemment, une étude a montré que les activités de renforcement musculaire seules pouvaient avoir un intérêt chez les personnes inactives (Zhao et al. 2014).

De nombreuses études ont montré que la pratique d'une AP est associée à une diminution du risque de mortalité toutes causes confondues et qu'un taux de mortalité plus élevé est observé chez les personnes inactives. Bien que les résultats des études soient encore contradictoires, il est

¹⁵ Les composantes de la condition physique sont l'endurance cardiorespiratoire, la force et l'endurance musculaire, la composition corporelle et la souplesse.

également suggéré que l'AP régulière pourrait compenser les effets délétères associés à la sédentarité.

Conformément aux conclusions de l'Expertise collective Inserm (2008), les études récentes ont confirmé l'existence d'une relation dose-réponse. Si la quantité totale d'AP est généralement évoquée, ce sont les effets de la durée et de l'intensité de l'AP qui ont été principalement étudiés et pourraient diminuer la mortalité. Les travaux actuels n'ont pas permis d'établir de minimum, ni d'optimum à recommander. Plus la durée augmente, plus la mortalité diminue. Une AP de courte durée permettrait également de faire diminuer la mortalité. Il semblerait que pour une même quantité totale d'AP, les bénéfices sont d'autant plus élevés que l'intensité de l'activité pratiquée est élevée (Woodcock et al. 2011).

Ce sont principalement les activités cardio-respiratoires qui ont été associées à une diminution de la mortalité précoce. Une étude récente a également rapporté l'intérêt du renforcement musculaire seul. La combinaison de ces activités permet d'obtenir des effets additionnels.

Les études récentes ne se sont pas intéressées spécifiquement à l'effet de la fréquence et ne permettent pas de conclure sur une fréquence optimale de pratique.

Effets des domaines d'activité physique

Quelques études se sont intéressées à la relation entre la mortalité et un domaine spécifique d'AP, plus particulièrement les loisirs (Arem et al. 2015, Moore et al. 2012, Savela et al. 2010) et les activités domestiques (Martínez-Gómez et al. 2014, Stamatakis et al. 2009).

La méta-analyse de Samitz et al. (2011) a étudié l'association entre différents domaines d'AP et la mortalité toutes causes. L'analyse de 80 études de cohortes publiées sur la période 1966-2010 a permis d'inclure 1 338 143 participants. Comparant les niveaux d'AP pour les différents contextes (niveau le plus élevé comparativement au plus bas), cette méta-analyse a mis en évidence une réduction du risque de mortalité toutes causes confondues de 36 % pour la pratique d'activités de la vie quotidienne (dont les déplacements actifs, hors déplacements liés au travail) ($IC_{95\%} = [0,55 - 0,75]$), de 35 % pour l'AP totale ($IC_{95\%} = [0,60 - 0,71]$), de 26 % pour l'AP de loisir ($IC_{95\%} = [0,70 - 0,77]$), de 17 % pour l'AP liée au travail ($IC_{95\%} = [0,71 - 0,97]$) et de 12 % pour l'AP liée aux déplacements occasionnés par les activités professionnelles (Samitz et al. 2011). Cette méta-analyse a montré qu'une augmentation d'1 heure par semaine d'AP de la vie quotidienne d'intensité élevée était associée à une diminution du risque de mortalité toutes causes de 9 % ($IC_{95\%} = [0,87 - 0,94]$) ; cette diminution était de 4% pour une augmentation d'une heure par semaine d'AP d'intensité modérée ($IC_{95\%} = [0,93 - 0,98]$). Cette méta-analyse a conclu à un effet plus important des activités physiques de loisirs et quotidiennes comparés aux activités physique liées au travail ou aux déplacements.

L'analyse des données de la cohorte MONICA/KORA constituée de 4 672 individus âgés de 25 à 74 ans suivis pendant 18 ans en moyenne a montré que, comme la quantité totale d'AP, l'AP liée au travail domestique et aux loisirs aurait un rôle protecteur de la mortalité prématurée (Autenrieth et al. 2011). La réduction de la mortalité était de 52 % pour les activités de loisir, de 31% pour l'AP liées au travail et de 27 % pour l'AP totale. Des analyses récentes réalisées à partir de deux études menées en population générale, regroupant 17 663 personnes âgées de 16 à 92 ans, ont mis en avant l'absence d'associations significatives entre les AP liées aux déplacements et au travail, et la mortalité (Wanner et al. 2014). Comme dans la cohorte MONICA/KORA, le niveau d'activité durant les loisirs était associé à une baisse de la mortalité toutes causes confondues, avec un risque diminué de 25 % chez les hommes et de 18 % chez les femmes, pour un niveau d'AP élevé comparé au niveau le plus faible.

Une méta-analyse a repris l'ensemble des études ayant évalué les effets de l'AP de loisirs sur la mortalité générale à partir du suivi de cohortes pendant au moins 4 ans (de 4 à 40 ans, médiane de 12 ans) (Löllgen et al. 2009). Les résultats ont montré que la mortalité toutes causes confondues diminuait avec l'augmentation du niveau d'AP de loisirs. Chez les hommes, la réduction du risque de mortalité générale a été estimée à 19 % pour un niveau d'AP modéré (600-

1499 Kcal/sem ou 3-6 METs) et 22 % pour un niveau élevé (> 1500 Kcal/sem ou > 6 METs), comparé à l'absence d'AP de loisirs ; chez les femmes, les réductions de mortalité étaient supérieures et respectivement évaluées à 24 % et 31 %. D'autres études ont confirmé ces résultats, démontrant que le taux de mortalité était plus faible chez les personnes qui déclaraient les niveaux d'AP de loisirs les plus élevés (Moore et al. 2012, Savela et al. 2010). Une étude de cohorte danoise a également montré que la pratique de sports, du vélo et du jardinage était associée à une mortalité plus faible chez des femmes et des hommes âgés de 50 à 64 ans ; les activités de bricolage étaient également associées à une mortalité plus faible chez les hommes (Johnsen et al. 2013). L'analyse de 6 études de cohortes menées aux Etats-Unis chez des adultes âgés de 21 à 90 ans suivis pendant 10 ans a permis d'estimer que, comparativement à l'absence d'activité, un niveau d'AP de loisirs équivalent à de la marche rapide pendant 75 minutes par semaine (0,1 - 3,74 METs-h/sem) était associé à un gain de 1,8 ans d'espérance de vie, après 40 ans (Moore et al. 2012). Des niveaux plus élevés d'AP étaient associés à des gains d'espérance de vie plus importants, atteignant 4,5 ans pour le niveau le plus élevé (> 22,5 METs-h/sem, équivalent à de la marche rapide pendant 450 min/sem). Pour le niveau minimum d'AP recommandée (7,5 - 14,9 METs-h/sem, équivalent à 150 - 299 min/sem de marche rapide), le gain d'espérance de vie était de 3,4 ans. Ce gain d'espérance de vie était encore plus important (jusqu'à 7,2 ans) lors des comparaisons entre les personnes actives (> 7,5 METs-h/sem) et normo-pondérées et les personnes inactives et obèses (IMC > 35) (Moore et al. 2012).

L'étude de la cohorte EPIC-Norfolk composée de 25 633 adultes âgés de 40 à 79 ans a porté sur les effets sanitaires de la pratique du vélo de loisir ou comme moyen de transport (Sahlqvist et al. 2013). Prenant en compte le mode de vie de ces sujets, cette étude a rapporté que 60 minutes et plus de vélo par semaine était associé à une réduction de 9% de la mortalité générale. Par ailleurs, le niveau de pratique du vélo pour les déplacements actifs était associé au niveau de pratique d'activités de loisir, dont les activités sportives. Après la première analyse, ces résultats n'ont cependant pas été confirmés ; ce qui fait que le rôle direct joué par les déplacements actifs, en particulier au moyen du vélo, sur la diminution de la mortalité demandent à être confirmés (Autenrieth et al. 2011, Wanner et al. 2014).

Les AP de la vie quotidienne contribuent également à réduire la mortalité toutes causes confondues (Besson et al. 2008, Martínez-Gómez et al. 2014), plus particulièrement les activités d'intensité élevée (récupérer, creuser, nettoyer les vitres, ramasser les feuilles, etc.) pour lesquelles la réduction du risque a été estimée à 30 % (Stamatakis et al. 2009, 2007).

Plus récemment, le suivi de plus de 55 000 personnes de 14 à 100 ans, sur une période variant de 6 à plus de 21 ans, a permis d'évaluer de manière plus précise la réduction de la mortalité liée à la pratique régulière d'une AP d'intensité élevée à très élevée (> 6 MET), la course à pied (Lee et coll., 2014). Après ajustement par différents facteurs confondants (âge, sexe, tabagisme, consommation d'alcool, etc.), les sujets pratiquant la course à pied ont une réduction moyenne de 30% de la mortalité toutes causes confondues. Le risque de mortalité spécifiquement attribuable à l'absence d'activité de course à pied (fraction attribuable dans la population, PAF) a été estimé à 16%, risque similaire à celui de l'hypertension artérielle (15%) et supérieur à celui de la consommation de tabac (11%). Même de faibles distances de courses (<10 km/semaine), pratiquées moins de 3 fois par semaine, à faible vitesse (<10 km/h) réduisent le risque de mortalité générale (de 35 à 19%).

Les effets favorables des différents domaines d'activité physique sur la réduction de la mortalité ont été confirmés par de nouvelles études. Les résultats, encore variables selon les études, ne permettent toutefois pas de conclure sur la contribution d'un domaine d'activité physique spécifique dans la réduction de la mortalité. Si la plupart des études présentées ont mesuré l'activité physique au moyen de questionnaires, ceux-ci sont très diversifiés et les domaines d'activité physique pris en compte ne sont pas forcément identiques, ce qui rend les comparaisons difficiles. Le domaine des activités physiques de loisirs est celui pour lequel les résultats semblent les plus concordants et la méta-analyse de Samitz et al. (2011) a conclu à un effet plus important des activités physiques de loisirs et quotidiennes comparés aux activités physiques liées au travail ou aux déplacements.

3.3.1.2 Sédentarité et mortalité générale

3.3.1.2.1 Expertise collective Inserm (2008)

La relation entre sédentarité et mortalité n'a pas été spécifiquement étudiée dans l'Expertise collective Inserm (2008).

3.3.1.2.2 Données récentes

Effet du comportement sédentaire général

Une première revue systématique menée sur les études longitudinales publiées entre 1996 et 2011, a retenu 48 articles, la majorité des données étant de nature déclarative (Thorp et al. 2011). L'analyse de données a mis en avant l'influence du comportement sédentaire sur la mortalité générale, indépendamment du sexe et de l'augmentation de la pratique d'AP.

Le suivi d'une cohorte prospective d'environ 17 000 canadiens âgés de 18 à 90 ans, pendant une moyenne de 12 ans, a montré que le temps passé assis était inversement proportionnel au risque de décès toutes causes confondues (Katzmarzyk et al. 2009). Après ajustement des principaux facteurs confondants (âge, sexe, consommation de tabac et d'alcool), l'augmentation du risque de décès restait significative. Cette relation dose-effet entre mortalité et temps de sédentarité a également été retrouvée chez les sujets pratiquant une AP de loisirs (Katzmarzyk et al. 2009).

Plus récemment, la relation entre le temps passé debout et la mortalité chez 16 586 Canadiens de 18 à 90 ans a été étudiée. Le suivi de cette cohorte canadienne pendant 12 ans a montré que, chez les personnes physiquement inactives (< 7,5 METs-h/sem), plus le temps passé debout était élevé, plus le taux de mortalité toutes causes confondues était faible ; la diminution variant de 21% à 35 % selon la catégorie de temps passé debout et la cause de mortalité considérée (Katzmarzyk 2013).

Le suivi (par mesure utilisant des accéléromètres) de la cohorte NHANES 2003-2004, soit 1 906 personnes âgées de 50 ans et plus durant 3 ans environ aux Etats-Unis a montré un risque de décès augmenté d'un facteur 5 chez les sujets les plus sédentaires (plus de 73 % du temps d'éveil passé dans des activités sédentaires) par rapport aux moins sédentaires (Koster et al. 2012). Au cours de cette étude, l'effet du temps de sédentarité était indépendant des APME.

La méta-analyse de Wilmot et al. (2012) a confirmé cette relation entre le temps de sédentarité et l'augmentation de la mortalité. Cette publication a rassemblé des études de cohortes ; les populations considérées dans ces études étaient toutefois très hétérogènes (pratique d'AP, âge, etc.). Au cours de cette étude, une augmentation de 49 % du risque de décès a été rapportée pour les niveaux les plus élevés de sédentarité.

Effets des composantes de la sédentarité

La méta-analyse de 3 études de cohortes - a permis d'évaluer les relations existant entre le temps passé devant la télévision et la mortalité générale (Grontved and Hu 2011). Les auteurs ont estimé à 13 % l'augmentation du risque de décès toutes causes confondues pour chaque augmentation de 2 h passées devant la télévision (RR = 1,13, IC_{95%} = [1,07 - 1,18]). Cependant, seul le temps passé devant l'écran de télévision a été considéré dans cette méta-analyse, ce qui représente une part réduite du temps total de sédentarité. La grande majorité des individus de 15 à 65 ans d'âge sont en formation ou employés, et le plus souvent dans des environnements qui imposent une position assise prolongée. De nombreuses professions nécessitent une position assise prolongée et ont été associées à une réduction de la dépense énergétique quotidienne (Church et al. 2011), ce qui se traduit par un temps quotidien en position assise qui peut atteindre 70 % de la période d'éveil (Miller et Brown 2004).

L'analyse de données de suivi de cohortes a permis d'étudier les effets spécifiques de la position assise prolongée au travail sur la mortalité générale, sur plus de 11 000 sujets de plus de 40 ans pendant environ 13 ans (Stamatakis et al. 2013). Cette analyse a montré une diminution de 32 % de la mortalité générale chez les femmes dont le métier favorise la marche et la position debout, comparativement à celles qui travaillent en position assise ; chez les hommes, aucune diminution n'a été constatée, quel que soit le temps en position assise à leur poste de travail.

L'effet de la sédentarité sur la mortalité a été étudié dans deux études de cohortes et deux méta-analyses. Une relation entre sédentarité et mortalité a été rapportée. Comme pour l'activité physique, une relation dose-effet semble exister : la mortalité augmenterait avec le temps passé dans des comportements sédentaires. Cette relation serait linéaire : plus le temps quotidien passé en position assise augmente, plus les conséquences sur la mortalité sont importantes. On ne dispose pas de données suffisantes pour mettre en relation les contextes de sédentarité et la survie.

3.3.1.3 Compensation des effets de la sédentarité par l'activité physique

Les données épidémiologiques les plus récentes démontrent qu'en parallèle de l'inactivité, le niveau de sédentarité de la population joue un rôle spécifique sur la mortalité générale.

Une méta-analyse récente a évalué les relations entre le temps total quotidien passé en position assise, marqueur de sédentarité, et la mortalité toutes causes confondues, en prenant en considération le niveau d'APME (Chau et al. 2013). Six études de cohortes prospectives ont été sélectionnées dans cette analyse, soit environ 600 000 personnes, suivies entre 3 et 8 ans. Le temps total quotidien passé en position assise était déclaré dans la majorité des études, réparties en classes ou en quartiles. Cette méta-analyse a conclu à une relation positive non linéaire entre le niveau de sédentarité et la mortalité : indépendamment du niveau de pratique d'AP, chaque heure en position assise augmente la mortalité de 2 % chez les sujets dont le temps de sédentarité quotidien est compris entre 4 et 8 h, de 8 % lorsque cette durée est supérieure à 8 h. Lorsque les résultats étaient ajustés sur l'AP et que le temps passé assis était supérieur à 7 h/j, la mortalité augmentait de 5 % pour chaque heure supplémentaire passée en position assise ; le temps de sédentarité n'influe pas sur la mortalité lorsque le temps total quotidien passé en position assise était inférieur à 7 h/j. Cette méta-analyse a également rapporté un risque de décès augmenté de 52 % chez les sujets passant 10 h/j en position assise, comparativement à ceux passant 1 h/j. Lorsque la pratique d'AP était prise en considération, l'augmentation du risque de décès liée à la sédentarité n'était plus que de 34 % entre ces deux populations. L'étude de Katzmarzyk et al. (2009) a également montré que l'association entre mortalité et sédentarité est moins forte chez les sujets pratiquant régulièrement une AP de loisirs. Ces données semblent attribuer à l'APME des effets de correction partielle des conséquences de la sédentarité sur la mortalité.

Effets de l'activité physique et de la sédentarité sur la mortalité

Activité physique

Les conclusions de l'Expertise collective Inserm (2008) ont été confirmées par les études récentes.

- L'activité physique régulière est associée à une diminution de la mortalité précoce. Les données récentes ont montré une réduction de 29 % à 41 % de la mortalité toutes causes confondues. L'ampleur de la diminution varie selon les études et le niveau de pratique d'activité physique.
- Une activité physique insuffisante augmente la mortalité : + 33 % en cas de pratique inférieure à une heure par jour.
- Un effet-dose a été retrouvé : plus l'intensité et plus la durée de pratique augmentent, plus la mortalité diminue.
- Une quantité d'activité physique, même faible, permet également de diminuer la mortalité. Celle-ci est réduite de 14 % dès 15 minutes de pratique quotidienne. Chaque période de 15 min supplémentaire diminuerait ensuite le risque de 4 %.
- Les travaux actuels n'ont permis d'établir ni minimum, ni optimum à recommander.
- Les activités cardio-respiratoires diminuent la mortalité, la combinaison avec des activités de renforcement musculaire permet d'obtenir des effets additionnels.
- Les différents domaines d'activité physique permettraient de diminuer la mortalité. Les données actuelles ne permettent pas de conclure quant au rôle de chaque domaine.

Sédentarité

- La sédentarité augmente la mortalité toutes causes confondues.
- Plus le temps quotidien passé en position assise augmente, plus les conséquences sur la mortalité sont importantes. Entre 4 et 8 h de temps quotidien passé en position assise, chaque heure supplémentaire passée en position assise aggraverait la mortalité de 2 %. Un seuil existerait à partir de 8 h quotidiennes : chaque heure supplémentaire augmenterait la mortalité de 8 %.
- La position debout permettrait de réduire la mortalité générale de 21 à 35 %.

Activité physique et sédentarité

- L'activité physique d'intensité modérée à élevée pourrait atténuer les effets de la sédentarité sur la mortalité, particulièrement chez les sujets dont le temps de sédentarité est supérieur à 7 h quotidiennes.

3.3.2 Diabète de type 2 (DT2)

Le diabète de type 2 est une maladie multifactorielle résultant d'une interaction gène-environnement. Il s'agit d'une maladie génétique : le risque de développer un DT2 est de l'ordre de 40 % lorsqu'un des parents est atteint de diabète, de 60 % lorsque les deux parents le sont. Les grandes études génétiques n'ont cependant pas mis en évidence de facteurs génétiques prépondérants et, même en associant tous les polymorphismes de prédisposition, le risque de survenue du diabète reste inférieur à 20 % (McCarthy 2010). Le rôle des facteurs environnementaux est donc crucial dans le développement de cette maladie. Parmi ces facteurs, l'alimentation et l'inactivité physique joueraient un rôle majeur dans la survenue du DT2 (Hu 2011).

Depuis 1988, la prévalence du DT2 a été multipliée par deux en France ; elle était de 4,4 % en 2009, avec une progression de l'ordre de 5 % par an. En outre, la prévalence augmente avec l'âge : elle atteint 14 % entre 65 et 74 ans.

L'étude ENTRED (2009) a décrit l'association aux autres facteurs de risque cardio-vasculaires des diabétiques de type 2 en 2007 (France métropolitaine) : 39 % de surpoids, 41 % d'obésité, 49 % d'hypertension artérielle, 18 % d'hypercholestérolémie (LDL cholestérol > 1,3 g/l), 13 % de tabagisme. La surmortalité liée au DT2, parmi l'ensemble de la population, quel que soit l'âge, est de 1,45.

3.3.2.1 Effets de l'activité physique

3.3.2.1.1 Expertise collective Inserm (2008)

Les liens entre l'activité physique (AP) et le diabète de type 2 ont été pris en considération par l'Expertise collective Inserm (2008). Le rapport a conclu que « l'activité physique permet une réduction du risque de survenue du diabète de type 2 et [...] fait donc partie des recommandations des sociétés savantes [...] ». Ainsi, « une intervention sur le mode de vie impliquant donc la pratique régulière d'une activité physique, prévient durablement la survenue d'un diabète de type 2 ». Chez des sujets à risque, l'AP, généralement associée à une alimentation adaptée, permet de diminuer en moyenne de 50% l'incidence du DT2 et jusqu'à 65% grâce à un niveau d'AP élevé. Ces conclusions ont été formulées sur la base de cinq études interventionnelles dont la durée était ≥ 3 ans, randomisées avec groupe contrôle, ayant inclus un nombre élevé de sujets d'origine ethnique variée et à risque de développer un diabète de type 2 (intolérants au glucose¹⁶). Il faut noter que dans toutes ces études (sauf la DaQuing Study) les résultats ont porté sur les effets combinés de l'AP et de l'alimentation (Tableau 21) (Pan et al. 1997, Tuomilehto et al. 2001, Knowler et al. 2002, Ramachandran et al. 2003, Kosaka et al. 2005).

3.3.2.1.2 Données récentes

Ces études d'intervention ont permis l'actualisation des recommandations américaines et françaises (Société Francophone du Diabète, SFD) (Colberg et al. 2010, Duclos et al. 2013, American Diabetes Association 2015).

3.3.2.1.2.1 Activité physique régulière et prévention du diabète de type 2

Trois études ont évalué la persistance des effets d'une modification du mode de vie sur la prévention à long terme du DT2.

¹⁶ Chaque année près de 10% des intolérants au glucose vont développer un DT2 et 70% développeront un DT2 au cours de leur vie.

La première concerne l'étude d'intervention du Finnish Diabetes Prevention Study¹⁷ qui a intéressé 172 hommes et 350 femmes à haut risque de DT2 pendant 4 ans. Comparée au groupe contrôle, l'incidence du DT2 a été diminuée de 43 % dans le groupe « modification intensive du mode de vie » (aide à la perte de poids, modifications qualitatives nutritionnelles avec diminution des apports alimentaires en graisses saturées et augmentation des fibres, AP encadrée). Chez les sujets qui n'ont pas développé de diabète pendant les 4 ans d'intervention, le suivi des sujets des deux groupes a ensuite été poursuivi pendant 3 ans, sans aucune intervention. Pendant les 3 ans de suivi, l'incidence du DT2 a été réduite de 36 % dans le groupe intervention comparé au groupe contrôle (taux d'incidence annuelle du DT2 en post intervention : 7,2 contre 4,6 pour 100 personnes-années, groupe contrôle contre groupe intervention, $p < 0,05$) (Lindstrom et al. 2006).

Tableau 21. Principales caractéristiques des études de prévention du diabète de type 2 par l'AP

Etude	Nombre de sujets (âge)	IMC (kg/m ²)	Critère inclusion	Durée moyenne étude	Type d'activité physique	Incidence du diabète à la fin de l'étude (réduction du RR de DT2 dans groupe E vs T)	Incidence cumulée du DT2 à long terme (groupe I vs T)
Pan et al. 1997 (Da Quing [Chine])	577 HF (45 ± 9ans)	26	IG	6 ans	Endurance	T : 67,7% E : 46% (RR :-51%)	à 20 ans - 43 %
Tuomilehto et al. 2001 (FDPS [Finlande])	522 HF (40-64ans)	31	IG	3,2 ans	Endurance + Résistance	T : 23% E : 11% (RR :-58%)	à 7 ans - 43 %
Knowler et al. 2002 (DPPS [USA])	3224 HF (34 ± 6ans)	34	IG	2,8 ans	Endurance	T : 19,8% E : 14,3% (RR :-58%)	à 10 ans - 34 %
Kosaka et al. 2005 ([Japon])	458 H (40-50ans)	24	IG	4 ans	Endurance	T : 9,3% E : 3% (RR :-67,4%)	
Ramachandran et al. 2006 (IDPP [Inde])	269 HF (46 ± 6ans)	26	IG	3 ans	Endurance	T : 55% E : 39,5% (RR :-28,2%)	

H : hommes, F : femmes, IG : intolérance au glucose, T : groupe témoin (conseils seuls), E : groupe exercice, I : groupe intervention (modification globale du mode de vie : régime + activité physique), RR : risque relatif.

FDPS : Finnish Diabetes Prevention Study, DPPS: Diabetes Prevention Program Study, IDPP: Indian Diabetes Prevention Program

L'étude d'intervention du Diabetes Prevention Programm Study (Knowler et al. 2009) a suivi 3 234 participants à haut risque de DT2, sur environ 3 ans. Comparé au groupe placebo, l'incidence du DT2 a été diminuée de 58 % dans le groupe « modification intensive du mode de vie » (aide à la perte et au maintien du poids, AP hebdomadaire d'au moins 150 minutes d'intensité modérée) et diminuée de 39 % par rapport au groupe ayant reçu de la metformine ($p < 0,001$ pour chaque comparaison). L'intervention a ensuite été poursuivie : le suivi des sujets des deux groupes a été maintenu, l'ensemble des participants a bénéficié d'une intervention supplémentaire sur le mode de vie, un support additionnel ayant été mis en place pour le groupe intervention. Pendant les 10 ans de suivi, l'incidence du DT2 a été réduite de 34 % dans le groupe intervention comparé au groupe placebo.

¹⁷ Le GT a estimé nécessaire de reporter cette étude, déjà intégrée à l'expertise Inserm, pour plus de clarté.

L'étude d'intervention de Li et al. (2008) s'est intéressée aux conséquences à long terme d'une intervention. Pendant 6 ans, 577 adultes intolérants au glucose ont bénéficié d'une intervention sur le mode de vie (alimentation ou exercice). En comparaison avec le groupe contrôle, l'incidence du DT2 a été diminuée de 51 % dans le groupe intervention (HRR = 0,49 ; IC_{95%} = [0,33 - 0,73]). En 2006, soit 20 ans après l'inclusion, le suivi des participants a montré une incidence annuelle moyenne de 7 % pour le groupe intervention contre 11 % pour le groupe contrôle. Sur 20 ans, l'incidence du DT2 a été diminuée de 43 % (HRR = 0,57 ; IC_{95%} = [0,41 - 0,81]) pour les sujets du groupe intervention, et l'apparition du DT2 retardée de 3 à 6 ans. Sur 23 ans, l'incidence du DT2 a été diminuée de 45 % pour les sujets du groupe intervention (HRR = 0,55 ; IC_{95%} = [0,40 - 0,76]) (Li et al. 2014). Ainsi, une intervention de 6 ans sur le mode de vie pourrait prévenir ou retarder le diabète jusqu'à 17 ans après la fin de l'intervention.

Ces études interventionnelles ont permis de confirmer les conclusions de l'Expertise collective Inserm (2008), selon lesquelles l'AP constitue un moyen majeur, dans le cadre d'une modification du mode de vie, de prévention de survenue d'un DT2 chez des sujets à risques métaboliques élevés (intolérants au glucose)¹⁸ de façon convaincante (niveau I de preuve). Ces nouvelles données ont également montré l'intérêt d'une modification des modes de vie à plus long terme, même après l'arrêt d'une intervention, sur la diminution de l'incidence du DT2 (American Diabetes Association 2015).

- Quelle intensité de pratique ?

La marche à intensité faible, modérée ou élevée a été associée à une réduction du risque de développer un DT2 (Hu et al. 1999, Laaksonen et al. 2005). Dans ces études, quelle que soit l'intensité de l'AP, la quantité de pratique a été mise en relation avec une diminution plus marquée de l'incidence de DT2 suggérant, pour sa prévention, que la quantité d'AP compte davantage que l'intensité.

Par ailleurs, les effets préventifs ont même été observés avec des modifications de faible amplitude par rapport au niveau d'AP habituel : 20 minutes par jour de marche à rythme modéré ou 10 minutes à intensité élevée pour l'étude Da Quing en Chine (Pang et al. 1997).

Il ressort aussi de l'analyse de la littérature que sont bénéfiques à la fois l'AP d'intensité modérée à élevée (marche rapide, natation, vélo, jogging, jeux de balle) et l'AP de faible intensité (marche ou vélo à allure faible, jardinage), et ceci, toujours indépendamment des apports alimentaires ou de l'IMC (Hu et al. 1999, Pang et al. 1997). Ces données suggèrent que dans ces populations à risques métaboliques élevés, inactives et le plus souvent obèses, pour diminuer le risque de DT2, la durée de l'AP compte davantage que l'intensité à laquelle cette AP est réalisée (Rana et al. 2007). Cependant, dans l'étude de Hu et al. (1999), comme dans celles qui ont comparé l'effet de différentes intensités (Rana et al. 2007, Laaksonen et al. 2005) à dépense énergétique identique (en MET-h/sem) et pour un même type d'AP, une AP d'intensité modérée à élevée est plus efficace qu'une activité de faible intensité pour diminuer le risque de DT2. Si la marche est prise pour exemple, le risque de développer un DT2 est deux fois plus élevé pour les 16 000 femmes de l'étude de la Nurses'Health Study qui marchaient 1 h par jour à une vitesse < 3,2 km/h que pour celles qui marchaient à une vitesse > 4,8 km/h (Hu et al. 1999, Rana et al. 2007).

Compte tenu des données scientifiques actuelles, on peut conclure que dans le cadre de la prévention du DT2, la durée d'activité physique semble jouer un plus grand rôle que l'intensité de la pratique. Néanmoins, lorsque les sujets en ont les capacités, il semble préférable de privilégier les activités à une intensité au moins modérée.

¹⁸ Le niveau d'évidence utilisé est celui défini par l'HAS.

Un rôle indépendant de l'alimentation ?

Dès 1997, l'étude d'intervention Da Quing (Pan et al. 1997) a inclus un groupe exercice seul. Par rapport au groupe témoin, la prévalence du DT2 après 6 ans d'intervention était réduite de 46 % dans le groupe exercice (contre 42 % dans le groupe alimentation plus exercice et 31 % dans le groupe alimentation) démontrant ainsi un effet significatif de l'AP *per se*. Plus récemment, l'étude de Laaksonen et al. (2005), menée sur 487 sujets intolérants au glucose, a montré que 2 h 30 de marche d'intensité modérée à élevée par semaine diminuait le risque de DT2 de près de 65 %, indépendamment des conseils alimentaires et de l'IMC. Par ailleurs, l'étude prospective menée sur les infirmières américaines (Nurses'Health Study) a suivi 68 907 femmes sans antécédent de diabète, de pathologie cardiovasculaire ou de cancer pendant 16 ans, afin d'analyser l'impact de l'obésité et de l'AP sur l'apparition du DT2 (Rana et al. 2007). Cette étude a montré que, quel que soit l'IMC, une AP régulière était associée à un risque moindre de développer un DT2.

Indépendamment de l'alimentation et de l'IMC, l'AP semble donc avoir un effet propre sur l'incidence du DT2 (Laaksonen et al. 2005, Rana et al. 2007) ; ces données confirment celles des études plus anciennes (Ross et al. 2000, Eriksson et al. 1991).

3.3.2.1.2.2 Populations particulières

Obésité et risque de diabète de type 2

Les relations entre obésité, AP et DT2 ont été étudiées dans la Nurses'Health Study (Rana et al. 2007). L'analyse multivariée (âge, tabagisme et autres facteurs de risques de DT2) a montré que le risque de DT2 augmenterait progressivement avec l'IMC ($p < 0,001$), le tour de taille ($p < 0,001$) et avec la diminution de l'AP ($p < 0,001$). Inversement, quel que soit l'IMC, une AP régulière était associée à un risque moindre de développer un DT2. Ainsi, en comparaison à des femmes normo-pondérées ayant une AP régulière (exercice $\geq 21,8$ METs h/sem), le risque relatif de DT2 était de 16,75 pour les femmes obèses ne pratiquant pas d'AP ($< 2,1$ METs h/sem), de 10,74 pour les femmes obèses ayant une AP régulière et de 2,08 pour les femmes normo-pondérées et inactives.

L'obésité et l'inactivité physique contribuent donc indépendamment au risque de développer un DT2. Si le risque lié à l'obésité est plus élevé, l'association de ces facteurs multiplie les risques. Inversement, quel que soit l'IMC, une AP régulière permet de diminuer le risque de développer un DT2.

- Risque cardiovasculaire et sujets à risque élevés de diabète de type 2

Même en l'absence de diabète déclaré, les sujets présentant une intolérance au glucose (parfois assimilée à un pré-diabète) ont un risque plus élevé de présenter des complications vasculaires (micro et macro-angiopathies) que des sujets normoglycémiques (Ford et al. 2010, Ziegler et al. 2008). S'il n'existe pas à ce jour d'essai randomisé visant à déterminer le bénéfice cardiovasculaire de l'AP chez des patients présentant un pré-diabète, les données observationnelles issues de l'étude NAVIGATOR apportent des éléments de réponse (Yates et al. 2013). Cet essai thérapeutique randomisé, réalisé chez des sujets intolérants au glucose, a suggéré qu'une augmentation de 2 000 pas/j diminuait l'incidence des événements cardiovasculaires de 8 à 10 %. Cette diminution a été constatée quel que soit le nombre de pas initial, le statut cardiovasculaire des sujets et reste indépendante de l'évolution de l'IMC et du changement du statut cardiovasculaire. Cette étude a permis de confirmer que la relation entre les capacités physiques et le risque cardiovasculaire est indépendante de l'IMC (Myers et al. 2002).

L'AP régulière diminue le sur-risque cardiovasculaire des sujets à risque élevé de développer un DT2, indépendamment de l'IMC et de son évolution sur un an. Cet effet est obtenu dès l'augmentation de 2 000 pas/jour des activités de déplacement, soit 20 minutes de marche à bon rythme (Tudor-Locke et al. 2004).

3.3.2.1.2.3 Mécanismes d'action de l'activité physique

L'Expertise collective Inserm (2008) a conclu que l'effet bénéfique de l'AP sur la prévention de l'obésité, du syndrome métabolique et du DT2 est en grande partie lié à son effet sur l'homéostasie du glucose et la sensibilité à l'insuline. De plus, l'AP joue un rôle par la contraction musculaire qui permet de « stimuler [...] l'entrée du glucose dans les fibres musculaires par un mécanisme indépendant de l'insuline, expliquant les effets bénéfiques de l'activité physique régulière chez le diabétique de type 2. »

Chez le sujet entraîné, l'intérêt de l'activité physique sur le métabolisme du glucose est double : effet en aigu d'une session d'activité physique (effet également observé chez un sujet non entraîné) et effet de l'entraînement régulier. Ces deux effets seront décrits distinctement.

- Effets d'une pratique en aigu sur le métabolisme énergétique

Métabolisme du glucose (v. pour revue, Gulve 2008)

L'Expertise collective Inserm (2008) a conclu sur les effets bénéfiques d'une session d'exercice sur l'homéostasie glucidique, pendant la pratique et en phase de récupération.

Au cours de la pratique, l'entrée du glucose dans le muscle est augmentée chez le sujet sain comme chez le diabétique de type 2 (Kennedy et al. 1999). La contraction musculaire stimule le transport et le métabolisme du glucose dans les muscles sollicités par des voies qui ne dépendent pas de l'insuline. A cet effet s'ajoute celui de l'insuline, sachant que l'augmentation du débit sanguin augmente la quantité d'insuline et de glucose arrivant aux muscles. Cet effet persiste plusieurs heures après l'arrêt de l'exercice (Gulve 2008).

La période post exercice est caractérisée par une augmentation de la sensibilité musculaire à l'insuline. Une augmentation de la capture du glucose en réponse à l'insuline est observée pendant plusieurs heures après l'arrêt d'une séance, quel que soit le type d'exercice (endurance, contre résistance) chez le sujet sain comme chez le diabétique de type 2. De plus, l'augmentation d'activité de la glycogène synthétase engendre une augmentation de la capacité de stockage du glycogène. Ce phénomène est circonscrit aux muscles mobilisés pendant l'exercice et dépend en partie de l'importance de la déplétion en glycogène (Perseghin et al. 1996).

- Effets de la pratique régulière de l'activité physique

Métabolisme du glucose (v. pour revue Praet 2007, Perez-Martin et al. 2001)

Les études transversales comparant des sujets inactifs à des sujets entraînés en endurance et les études d'intervention où des sujets peu actifs ont été soumis à un entraînement physique adapté, ont montré qu'une AP de type aérobie augmente la sensibilité à l'insuline chez le sujet sain ou insulino-résistant, normoglycémique ou diabétique de type 2. Lors d'une pratique régulière, cette augmentation de la sensibilité à l'insuline se traduit par une consommation de glucose majorée de 30 % à 40 % et peut se prolonger jusqu'à 48 à 72 h après la dernière séance ; alors que l'effet de l'AP en aigu sur la sensibilité à l'insuline ne dure pas plus de 6 h (Perseghin et al. 1996).

Les effets d'une pratique régulière (endurance ou renforcement musculaire) sur le métabolisme du glucose sont multiples : activation des voies de signalisation de l'insuline, augmentations de la capacité de transport transmembranaire du glucose au niveau des fibres musculaires, des capacités oxydatives de ces fibres, de la densité capillaire et de la vasodilatation NO-dépendante, diminution de la production hépatique de glucose (Praet et van Loon 2007). De plus, l'entraînement contre résistance permet une augmentation de la masse musculaire et donc de la capacité totale à utiliser le glucose et également une augmentation du métabolisme de base (Strasser et al. 2014). De plus, un des effets secondaires de la signalisation intracellulaire du muscle en réponse à un exercice de renforcement musculaire adapté est de favoriser le stockage du glucose sous forme de glycogène par inhibition de la glycogène synthase kinase GSK3 (Case et al. 2011).

Métabolisme des lipides

L'AP a des effets qui s'étendent au-delà du muscle squelettique : diminution de la masse grasse viscérale, amélioration du profil lipidique et du profil tensionnel (Inserm 2008).

L'entraînement en endurance augmente l'utilisation aérobie des acides gras au cours de l'exercice musculaire d'intensité modérée en agissant sur les différentes étapes de la lipolyse adipocytaire, du transport intramusculaire des acides gras à longue chaîne et leur utilisation dans les fibres musculaires. Ces effets biologiques de l'AP régulière contribuent à augmenter la mobilisation et l'utilisation métabolique des acides gras et ainsi épargner les stocks de glycogène et retarder l'épuisement du sujet au cours de l'exercice.

L'accumulation de lipides dans les cellules musculaires joue un rôle important dans le développement du DT2. Des travaux récents ont montré que ce stockage intramusculaire de lipides conduit à une baisse de la fonction mitochondriale et de la sensibilité à l'insuline (Meex et al. 2010). Or, chez le sujet sain comme chez le sujet à risque ou déjà atteint de DT2, le travail musculaire régulier active PGC-1 α (Peroxisome Proliferator Activator Receptor), un modulateur important du métabolisme énergétique et glucidique, ce qui conduit à une amélioration de l'activité mitochondriale par la multiplication des mitochondries, ainsi qu'à la production de protéines nécessaires au stockage des lipides dans les cellules musculaires et à la bonne répartition des acides gras dans de petites gouttelettes lipidiques faciles à oxyder (Meex 2010, Bosma et al. 2012).

L'AP aigue abaisse la glycémie et l'AP régulière diminue l'insulino-résistance, l'accumulation ectopique des acides gras et améliore le transport intramusculaire des acides gras ainsi que leur oxydation mitochondriale.

3.3.2.2 Effets de la sédentarité

L'Expertise collective Inserm (2008) a précisé que « la sédentarité représente pour certains la première cause comportementale de la prévalence croissante du diabète ».

Indépendamment du niveau d'AP, les comportements sédentaires ont été associés à un risque significativement plus élevé de développer un DT2 et une obésité (Hu et al. 2003). Dans la cohorte de la Nurses'Health Study, chaque tranche de 2 h/j passées devant la télévision au cours du suivi a augmenté le risque de DT2 de 14 % et le risque d'obésité de 23 % (résultats ajustés pour le niveau d'AP habituelle, donc indépendants de ce facteur). Inversement, des activités de faible intensité (rester debout ou marcher dans la maison) ont été associées à une diminution du risque : 12 % de réduction pour chaque tranche de 2 h/sem. Dans cette cohorte, les auteurs ont estimé que 43 % des nouveaux cas de DT2 et 30 % des nouveaux cas d'obésité pourraient être prévenus avec un mode de vie plus actif limitant à 10 h par semaine le temps passé devant la télévision et intégrant plus de 30 min de marche à allure au moins modérée par jour, ou toute activité ayant une dépense énergétique équivalente. Cette association positive entre le temps passé devant la télévision et l'incidence du DT2 a également été mise en évidence chez les sujets masculins dans la cohorte de la « Health Professionals Follow-up Study » (Hu et al. 2001).

Il existe donc un continuum dans la relation entre le niveau de sédentarité et le risque de DT2 : le temps passé devant la télévision ou temps de sédentarité est associé au risque de développer un DT2 ou une obésité ; ce risque diminue progressivement en fonction du temps passé dans des AP de faible intensité.

Indépendamment du niveau d'activité physique, le temps de sédentarité est associé au risque de développer un DT2. A l'inverse, la réduction du temps de sédentarité hebdomadaire (diminution de temps assis devant un écran par exemple) diminue l'incidence du DT2 (moins 12 % pour chaque réduction de 2 h hebdomadaires).

3.3.2.3 Caractéristiques de l'activité physique et du temps de sédentarité

Trois éléments sont à privilégier et à associer (Duclos et al. 2013, American Diabetes Association 2014) :

- **Lutter contre la sédentarité**

L'objectif est de diminuer le temps quotidien passé dans des activités sédentaires. Cette diminution ne se limite pas à une réduction du temps total, elle passe également par le fait de rompre les périodes de sédentarité supérieures à 90 minutes.

- **Augmenter l'activité physique dans la vie quotidienne**

Les sujets à risque de DT2 sont encouragés à augmenter leur AP au quotidien (activités dites non structurées) en adoptant un mode de vie actif, notamment en privilégiant les déplacements actifs (à pied, à vélo, en trottinette).

- **Pratiquer des activités physiques ou sportives structurées**

Les recommandations actuelles pour prévenir la survenue d'un DT2 chez des sujets à haut risque de développer un DT2 sont au minimum 150 min/sem (2,5 h/sem) d'AP de type endurance, d'intensité modérée à élevée. Ces AP doivent être pratiquées au moins 3 x /sem, par sessions d'au moins 10 minutes, et sont à répartir dans la semaine (ne pas rester plus de 2 jours consécutifs sans AP) (Colberg et al. 2010, American Diabetes Association 2014).

Les effets préventifs de l'AP de type renforcement musculaire n'ont pas été étudiés. De même, la quantité totale d'AP nécessaire pour la prévention du DT2 chez les jeunes n'est pas encore définie (cohorte TODAY en cours).

En conclusion, l'AP représente un intérêt majeur dans la prévention du diabète de type 2 avec un niveau I de preuve. Cette prévention doit se concevoir dans le cadre d'une approche globale des modifications du mode de vie telle que les études d'intervention l'ont montré : une AP régulière (recommandations de grade A) (American Diabetes Association 2014) et la limitation des activités sédentaires (temps passé assis), associées à une alimentation équilibrée.

Effets de l'activité physique et de la sédentarité sur le risque de diabète de type 2

Activité physique

- L'activité physique, dans le cadre d'une modification du mode de vie, est un moyen majeur de prévenir ou de retarder la survenue d'un DT2 chez des sujets à risques. L'incidence du DT2 pourrait être diminuée d'environ 58 % ; cet effet pouvant persister jusqu'à au moins 3 ans après la fin de l'intervention.
- Les effets d'une activité physique régulière sur la prévention du DT2 s'observent quel que soit l'IMC et seraient indépendants de la perte de poids et de l'alimentation. Ils sont mis particulièrement en évidence chez les sujets à risque élevé de DT2 : les personnes intolérantes au glucose, en surpoids ou obèses.
- Dans le cadre de la prévention du DT2, la quantité d'activité physique semble plus importante que l'intensité de la pratique.

Sédentarité

- Indépendamment du niveau d'activité physique, le temps de sédentarité constitue un facteur de risque de développer un DT2 (+ 14 % pour 2 h passées quotidiennement devant la télévision).
- La réduction du temps de sédentarité hebdomadaire (diminution de temps assis devant un écran par exemple) diminue l'incidence du DT2 (moins 12 % pour chaque réduction de 2 h hebdomadaire).

Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité

- Limiter le temps de sédentarité.
- Augmenter l'AP dans la vie quotidienne.
- Pratiquer des activités physiques ou sportives structurées :
 - au moins 150 min/sem, par sessions d'au moins 10 minutes, à répartir dans la semaine (ne pas laisser 2 jours consécutifs sans AP) ;
 - intensité modérée à élevée ;
 - associer, si possible, endurance et renforcement musculaire ;
 - pas d'activités particulièrement recommandées, ni d'activités interdites.

3.3.3 Obésité

3.3.3.1 Effet de l'activité physique et de la sédentarité chez l'enfant et l'adolescent

Dans l'étude nationale nutrition santé (ENNS) publiée en 2006, la prévalence du surpoids, incluant l'obésité, était estimée à 18 % chez les enfants âgés de 3 à 17 ans. Parmi eux, 3,5 % étaient considérés comme obèses. Chez les enfants de 3 à 10 ans, les filles avaient une prévalence de surpoids supérieure à celle des garçons. En 2007, les résultats de l'étude INCA 2 ont fait état d'une prévalence de la surcharge pondérale estimée entre 14 à 17,5 % avec 11 à 14 % de surpoids et 3 à 3,5 % d'obésité chez les enfants vivant en France. La comparaison des prévalences du surpoids (obésité incluse) entre les études INCA 1 (1998 - 1999) et INCA 2 (2006 - 2007) (AFSSA 2009) suggère une stabilisation des taux depuis 8 ans chez les enfants.

Quatre raisons principales permettent de justifier la nécessité de se préoccuper encore aujourd'hui de l'obésité pédiatrique :

- 1) Malgré les plans d'actions internationaux, le rapport OMS de 2011 place l'obésité comme le 5^{ème} facteur de risque de décès au niveau mondial avec environ 3 millions d'adultes qui en meurent chaque année (OMS 2011).
- 2) La persistance de l'obésité de l'enfance à l'âge adulte varie de 20 à 50 % avant la puberté et de 50 à 80 % après la puberté selon les études. Cela doit nous amener à considérer le surpoids comme la préoccupation essentielle de la prévention et la prise en charge de l'obésité (INSERM 2000). Les travaux sur le tissu adipeux ont révélé que les adultes obèses le sont depuis l'enfance avec un développement des adipocytes très précoce (dès 2 ans). Le nombre de cellules adipeuses augmenterait deux fois plus rapidement chez les sujets en surpoids et leur développement s'arrête à 16-18 ans. Le nombre d'adipocyte, fixé dès l'adolescence, est plus élevé chez le sujet obèse que chez le sujet normo-pondéré. Malgré un renouvellement annuel d'environ 10 %, ce nombre reste stable à l'âge adulte, même après une perte de poids majeure (Spalding et al. 2008). Les processus d'hypertrophie et d'hyperplasie des adipocytes participent tous les deux au développement excessif du tissu adipeux chez les enfants et adolescents obèses. Les apports alimentaires et la dépense énergétique, dont celle liée à l'AP, exercent un effet sur l'activité endocrine

du tissu adipeux pouvant affecter l'utilisation des substrats énergétiques et représentent des interventions effectives pour améliorer la fonctionnalité des tissus adipeux.

- 3) La surcharge pondérale, en particulier un excès d'adiposité chez l'enfant et l'adolescent reste un facteur de risque majeur de syndrome métabolique précoce et donc du développement de pathologies cardiovasculaires à l'âge adulte. L'évolution des comportements a eu pour conséquence que de nombreux enfants obèses présentent aujourd'hui des facteurs de risque détectables habituellement chez des adultes: hypertension artérielle, niveaux élevés de cholestérol et d'insuline à jeun, voire des débuts de lésions cardiaques (Friedemann et al. 2012).
- 4) L'échec des prises en charge sur le long terme est en faveur d'une intervention très précoce sur l'éducation et l'intégration de certains comportements (activité physique, sédentarité, alimentation) dans le mode de vie dès le plus jeune âge pour cibler une persistance tout au long de la vie.

La principale cause du surpoids et de l'obésité de l'enfant est un déséquilibre énergétique entre les calories consommées et les calories dépensées. L'augmentation du surpoids et de l'obésité des enfants et des adolescents est imputable à un certain nombre de facteurs, les plus importants sont le changement de régime alimentaire (consommation accrue d'aliments très énergétiques à haute teneur en graisses et en sucre), la diminution de l'activité physique (AP) et l'augmentation des comportements sédentaires.

La question de l'influence possible de l'AP sur les facteurs de risque et de prédisposition génétique à la prise de poids commence à être traitée dans la littérature. Depuis 2007, le gène FTO a été identifié comme prédisposant à l'obésité. L'influence de l'AP sur ce gène a récemment fait l'objet de plusieurs travaux et méta-analyses (Kilpeläinen et al. 2011). L'analyse du génome et de l'interaction pouvant exister entre les gènes prédisposant à la prise de poids et le niveau d'AP rapporté par 45 études réalisées chez l'adulte (218 166 sujets) et 9 chez des enfants et des adolescents (19 268 sujets) ont permis de réaliser une méta-analyse portant sur l'influence du degré d'AP sur le gène FTO. Les résultats ont montré que l'AP diminue l'activité du gène de 27 % (Kilpeläinen et al. 2011). Chez les enfants, les interactions sont moins significatives et divergentes (Scott et al. 2010, Kilpeläinen et al. 2011). En revanche, les études réalisées chez l'adolescent ont fait état d'une influence de l'AP sur le risque de prédisposition génétique de prise de poids (Scott et al. 2010).

L'Expertise collective Inserm (2008) a souligné l'effet bénéfique significatif de l'AP sur le développement du surpoids et de l'obésité de l'enfant, en réduisant l'IMC, le pourcentage de masse grasse, le tour de taille et en améliorant la condition physique générale. Concernant la sédentarité, le rapport a conclu à une relation positive entre l'adiposité chez le jeune de 13 à 18 ans et les comportements sédentaires (principalement le temps passé à regarder la télévision). Le rapport a mis en avant la difficulté de déterminer si une AP réduite est la cause ou la conséquence de la surcharge pondérale chez les enfants et les adolescents. Les études récentes se sont davantage focalisées sur l'étude spécifique des périodes de l'enfance et de l'adolescence, associée aux périodes de changement de mode vie (niveau de scolarisation).

Actuellement, 60 à 90 minutes sont recommandées par jour pour prévenir le gain de poids et la reprise pondérale après amaigrissement chez le sujet adulte (Inserm 2008). La même recommandation a été retenue pour l'enfant, malgré le manque de données sur la quantité d'AP nécessaire pour maintenir le poids après un amaigrissement.

3.3.3.1.1 Enfants de 0 à 5 ans

Dans un environnement de plus en plus obésogène, les effets de l'AP et de la sédentarité sur la santé de l'enfant et de l'adolescent ne peuvent être négligés. Aujourd'hui, et bien que de nombreux mécanismes d'action restent à identifier, les recherches nous amènent à considérer l'AP comme un comportement et à l'appréhender dans sa globalité en raison de son rôle fondamental de régulateur de la composition corporelle, du sommeil (voir chap. 3.4) et de l'équilibre énergétique.

Activité physique

Les études d'intervention menées sur les enfants de 5 ans et moins associant AP, alimentation et impliquant les familles, ont confirmé l'effet positif de l'AP sur la diminution de la masse corporelle (poids et IMC) et sur la composition corporelle (réduction du pourcentage de masse grasse et du tour de taille) (Eliakim et al. 2007, Puder et al. 2011, Niederer et al. 2013), même si l'impact sur l'IMC n'a pas toujours été observé (Nemet et al. 2011). Cette période apparaît très favorable aux programmes de prévention dans la mesure où elle est proche et précède l'âge du rebond d'adiposité. Ces travaux ont également mis en exergue l'importance de la condition physique comme facteur majeur de prévention des pathologies associées au surpoids et à l'obésité.

La petite enfance est une période critique de développement conditionnant le développement moteur de l'enfant. Une revue systématique de 2012 (Timmons et al. 2012) a sélectionné 18 études (soit 12 742 enfants) s'étant intéressées à l'AP chez les moins de 1 an (5 études), les 1-3 ans (2 études) et les 3-5 ans (11 études). L'augmentation de l'AP (quantité et intensité) était associée à une diminution de l'adiposité et une amélioration des marqueurs cardio-métaboliques. Le niveau de preuves des données disponibles est modéré. De plus, une revue de 22 revues systématiques consacrées à l'identification des déterminants de l'obésité infantile de la naissance à l'âge de 5 ans a identifié une AP journalière inférieure à 30 minutes comme un des facteurs de risque majeur d'obésité (Monasta et al. 2010).

La mise à jour des données de la Cochrane Database sur la prévention de l'obésité infantile a inclus des études contrôlées d'une durée d'au moins 12 mois (Waters et al. 2011). Les 8 études de prévention réalisées auprès d'enfants de la population générale retenues dans l'analyse, menées auprès d'enfants de 0 à 5 ans, ont montré que l'indice de masse corporelle (IMC) des enfants du groupe intervention augmentait moins ou diminuait plus que celui des enfants du groupe témoin entre le début et la fin de l'intervention. La majorité des interventions consistait en la réalisation de sessions éducatives englobant l'éducation nutritionnelle et l'éducation physique. Une seule étude a permis d'intégrer 3 sessions de 20 minutes d'AP axée sur des jeux (Fitzgibbon et al. 2005). La variation de l'IMC des enfants du groupe participant à l'intervention était de 0,26 kg/m² de moins que la variation de l'IMC des enfants du groupe témoin (IC_{95%} = [-0,53 – 0,00]). Pour un enfant âgé de 3 à 4 ans ayant un IMC de 16, ceci représente une différence d'IMC de 1,6 %.

Sédentarité

Depuis la revue de Marshall et al. (2004) il est admis qu'il existe une association négative entre les comportements sédentaires (temps passé devant un écran de télévision, de jeux vidéo ou d'ordinateur) et l'AP, et qu'il existe une relation positive entre la sédentarité et l'adiposité chez le jeune de 3 à 18 ans.

Plus récemment, une revue systématique a étudié la relation pouvant exister entre un mode de vie sédentaire, illustré par des comportements tels que regarder la télévision, et la santé (LeBlanc et al. 2012). Cette revue a considéré 23 publications, soit 22 417 participants âgés entre 0 et 4 ans. Elle a montré que l'augmentation du temps passé devant la télévision était associée à l'augmentation de l'adiposité (IMC et plis cutanés), avec un niveau de preuve faible à modéré.

Dans cette période de la vie, il faut prendre en compte que les enfants passeraient plus de 80 % de leur temps dans des comportements sédentaires et que, malgré ce pourcentage élevé, 75 % des enfants atteignaient les recommandations d'AP de l'Association Nationale pour le Sport et l'Education Physique Portugaise (2002) de 120 minutes par jour (60 minutes quotidiennes d'AP

structurées et 60 minutes quotidiennes spontanées) et plus de 90 % participeraient au moins à 60 minutes d'APME quotidiennes (Vale et al. 2010).

L'enfance, jusqu'à l'âge de 5 ans, apparaît comme une période très favorable pour les interventions en AP car elle précède le rebond d'adiposité de la croissance normale et elle est propice au développement moteur. Les études d'intervention ont confirmé les conclusions de l'Expertise collective Inserm (2008) et l'effet favorable de l'AP sur l'adiposité/le surpoids et l'obésité/l'IMC (Eliakim et al. 2007, Puder et al. 2011, Niederer et al. 2013). Ces études ont également confirmé l'importance de la condition physique. L'augmentation de l'activité physique est associée à une diminution de l'adiposité et à une amélioration des marqueurs cardio-métaboliques (Timmons et al. 2012). Enfin, avant 5 ans, une activité physique inférieure à 30 minutes quotidienne constituerait un risque majeur d'obésité (Waters et al. 2011). Concernant la sédentarité, une revue systématique a confirmé les conclusions de l'Expertise collective Inserm, rapportant que l'augmentation du temps passé devant la télévision était associée à l'augmentation de l'incidence de l'obésité (LeBlanc et al. 2012).

Bien que les résultats des interventions d'éducation à la santé intégrant la promotion de l'activité physique et la lutte contre les comportements sédentaires soient encourageants pour la prévention de l'obésité infantile, on manque de données de qualité pour juger de l'efficacité de stratégies de prévention pour la tranche d'âge de 0-5 ans. Des études longitudinales ciblant cette période de développement restent insuffisantes pour préciser l'effet des interventions centrées sur l'activité physique, d'une part et sur les comportements sédentaires, d'autre part.

3.3.3.1.2 Enfants de 6 à 11 ans

Activité physique

Depuis la publication de l'Expertise collective Inserm de 2008, plusieurs travaux sont venus confirmer l'effet positif et le rôle majeur de l'AP comme moyen de prévention de l'obésité de l'enfant. Dans une méta-analyse ayant inclus 37 études (soit 27 946 enfants, majoritairement âgés de 6 à 12 ans), l'AP, seule ou incluse dans un programme d'intervention visant à la prévention de l'obésité, a été reconnue parmi les facteurs les plus efficaces (Waters et al. 2011) ; une diminution de 0,15 kg/m² (IC_{95%} = [- 0,23 – - 0,08]) a été rapportée en moyenne chez les 6 - 12 ans. Ces résultats ont été confirmés par une revue et méta-analyse récente (Wang et al. 2013) qui conclut que le niveau de preuve d'efficacité des programmes d'intervention pour la prévention de l'obésité est modéré chez l'enfant. Ces programmes, réalisés en milieu scolaire, associant la famille ou jouant sur l'alimentation, ont donné les résultats les plus probants. Une autre méta-analyse a conclu à l'intérêt des études d'intervention récentes pluridisciplinaires réalisées en milieu scolaire d'une durée d'au moins 1 an sur la prévention de l'obésité (Sobol-Goldberg et al. 2013). Quant aux interventions basées uniquement sur l'AP, une amélioration de la condition physique et une réduction du développement de la masse grasse ont été rapportées (Kriemler et al. 2010, Yin et al. 2012).

Le rôle de la condition physique des enfants sur la santé est régulièrement mis en avant. En effet, une condition physique élevée chez les enfants et les adolescents a été associée à une amélioration de la composition corporelle (masse grasse totale et abdominale, tour de taille, plis cutanés) (Ornelas et al. 2011, Stigman et al. 2009). L'amélioration progressive de la condition physique a été associée à l'atteinte d'un IMC normal (inférieur au 85^{ème} percentile) chez les enfants obèses ou en surpoids et au maintien du poids corporel chez les autres enfants (Hruby et al. 2012). Une augmentation de la capacité cardiorespiratoire (VO₂max) a également été rapportée (Dobbins et al. 2013).

Sédentarité

Plusieurs travaux ont mis en évidence une relation positive entre le temps de sédentarité et le risque de surpoids et d'obésité chez l'enfant (Tremblay et al. 2010, de Rezende et al. 2014). Une revue systématique réalisée en 2011 sur 232 études représentant plus de 983 000 sujets âgés de 5 à 17 ans, a confirmé que plus le temps de sédentarité est élevé et plus le risque d'obésité est important, représenté par une corrélation positive significative avec l'IMC (Tremblay et al. 2011). Les résultats de cette analyse ont mis en évidence que plus de 2 h quotidiennes passées à regarder la télévision est associé à une composition corporelle traduisant un surpoids voire une obésité. Les études d'intervention contrôlées et randomisées qui réduisent le temps de sédentarité des enfants ont pour résultat principal une amélioration de l'IMC (Tremblay et al. 2011).

L'étude de Chaput et al. (2013) est intéressante dans la mesure où l'objectif était d'analyser la combinaison d'AP et de sédentarité sur les facteurs de risque cardiovasculaire. Réalisé chez les enfants âgés de 8-10 ans, ce travail confirme que plus l'enfant est sédentaire, plus le risque d'obésité est élevé. La comparaison des tours de taille des enfants les plus sédentaires et les moins sédentaires (432 vs 255 min par jour, respectivement) a montré que le tour de taille des enfants les plus sédentaires est significativement plus élevé, même après ajustement au temps d'AP. Les résultats confirment par ailleurs les effets protecteurs de l'AP sur la prise de masse grasse centrale lorsque les tours de taille des enfants actifs sont comparés aux enfants sédentaires (75 vs 24 min par jour).

Le manque d'études contrôlées et avec répartition au hasard visant à établir le lien entre l'AP, la sédentarité et la prévention du surpoids et de l'obésité reste important. La majorité des études est descriptive et établit des corrélations plus ou moins significatives selon les covariants pris ou non en compte. A l'instar des enfants de 0-5 ans, un mode de vie actif apparaît comme la meilleure prévention. A cette période du développement de l'enfant, la condition physique développée par des AP régulières et d'intensité au moins modérée devient un paramètre majeur dans la prévention de l'obésité et des maladies chroniques à venir.

3.3.3.1.3 Adolescents (12 à 17 ans)

Comme chez les plus jeunes, un effet bénéfique de l'AP, seule ou intégrée dans un programme d'intervention plus global, a été démontré sur la prévention de l'obésité (Singhal et al. 2010, Waters et al. 2011). Les interventions dont les effets préventifs ont été les plus probants sont des programmes multifactoriels associant une augmentation de l'AP, une réduction des comportements sédentaires et une éducation nutritionnelle (Brown and Summerbell 2009). Chez l'adolescent, l'effet d'une prise en charge par un programme pluridisciplinaire associant une AP régulière, un temps de sédentarité limité et des apports alimentaires calibrés et adaptés se traduit par une forte perte de masse corporelle et donc d'une masse adipeuse réduite (Lazzer et al. 2005, Holm et al. 2011). En revanche, les données de la littérature sont actuellement insuffisantes pour identifier clairement les caractéristiques des programmes de prévention de la prise de poids chez l'adolescent par une stabilité à long terme des comportements d'AP et de sédentarité bénéfiques.

La période de l'adolescence nécessite une attention particulière pour la prévention de l'obésité. En effet, si les programmes pluridisciplinaires associant une augmentation de l'AP, une réduction de la sédentarité et une éducation nutritionnelle semblent obtenir de bons résultats en traitement, la preuve de l'efficacité d'une pratique d'AP reste à démontrer en prévention primaire. L'adolescence étant la période pendant laquelle la baisse de l'AP est la plus forte, en particulier pour les AP d'intensité élevée, associée à une sédentarité en augmentation, une attention particulière doit lui être portée à l'avenir pour les études de prévention.

3.3.3.2 Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité

Les recommandations devront porter à la fois sur l'augmentation de l'AP et sur la diminution du temps de sédentarité.

Activité physique

Chez les 0-5 ans, les revues systématiques et les méta-analyses restent trop peu nombreuses et présentent des résultats trop imprécis pour établir des caractéristiques d'AP spécifiques pour la prévention de l'obésité (Lakshman et al. 2013).

Chez les 5-17 ans, la revue systématique réalisée par Janssen et LeBlanc (2010) cherchait à identifier les relations entre l'AP, la condition physique et la santé de l'enfant afin d'établir des recommandations. L'AP de type aérobie d'intensité au moins modérée apparaît comme la plus adaptée pour la prévention de l'obésité.

Une pratique de 60 minutes d'AP, sollicitant les capacités cardio-respiratoires et le renforcement de la masse musculaire, semble nécessaire dès 5 ans.

Sédentarité

Chez l'enfant et l'adolescent, il semble nécessaire de limiter les comportements sédentaires (télévisions, ordinateurs, tablettes, smartphone).

Effets de l'activité physique et de la sédentarité sur le risque de surpoids et d'obésité chez les enfants et les adolescents

Chez l'enfant de 0 à 5 ans

- L'activité physique a été reconnue comme un facteur de prévention de l'obésité et du surpoids, avec un niveau de preuve modéré.
- Le temps de sédentarité constituerait un facteur de risque de survenue de l'obésité et du surpoids.
- Il est nécessaire, dès le plus jeune âge, d'associer la promotion de l'activité physique et la lutte contre la sédentarité.

Chez l'enfant de 5 à 11 ans

- De très nombreux programmes de prévention de l'obésité, associant activité physique à d'autres leviers comme l'alimentation ont été mis en œuvre. Les études d'intervention récentes pluridisciplinaires réalisées en milieu scolaire d'une durée d'au moins 1 an ont donné des résultats favorables sur la prévention de l'obésité.
- L'activité physique améliore la condition physique, elle-même associée à une diminution de la composition corporelle et l'atteinte d'un IMC normal.

Chez les adolescents

- Le bénéfice de l'AP, seule ou incluse dans un programme d'intervention global, a été démontré en prévention de l'obésité ;
 - La prise en charge la plus efficace est pluridisciplinaire et associe activité physique régulière, temps de sédentarité limité et apports alimentaires adaptés ;
- Actuellement les données restent insuffisantes pour identifier clairement les caractéristiques des programmes de prévention de la prise de poids.

Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité

- Pratiquer régulièrement : 60 minutes par jour d'activité physique, sollicitant le système cardio-vasculaire et des masses musculaires importantes.
- Lutter contre la sédentarité en limitant les comportements sédentaires : télévision, tablettes, smartphone, etc.

3.3.3.3 Effet de l'activité physique et de la sédentarité sur le surpoids et l'obésité de l'adulte

Selon l'enquête Obépi-Roche, menée sur plus de 25 000 personnes représentatives de la population française, la prévalence de l'obésité dans la population adulte était de 15 % en 2012, soit environ 6,9 millions d'adultes obèses (Etude Obépi-Roche 2012). Cela représente une augmentation de 3,3 millions de personnes obèses en 15 ans. Depuis 2003, l'obésité augmente plus rapidement chez les femmes. En 2012, sa prévalence a atteint 15,7 %, contre 14,3 % dans la population masculine. L'augmentation est plus nette chez les jeunes femmes (18-25 ans) : plus 89,2 % contre 62,5 % chez les hommes de la même tranche d'âge entre 2007 et 2012. Par ailleurs, cette enquête a montré que 32,3 % de la population française est en surcharge pondérale, soit 14,8 millions de personnes. À l'inverse de l'obésité, le surpoids est toujours plus fort chez les hommes (38,8 % contre 26,3 %).

Dans cette étude, l'analyse des effets sur la santé du surpoids et de l'obésité a confirmé l'augmentation de l'incidence des facteurs de risque cardio-vasculaire avec l'IMC. La probabilité d'avoir trois facteurs de risques cardio-vasculaires traités chez une personne obèse (IMC > 30) est 14 fois plus élevée que chez un sujet ayant un IMC inférieur à 25, et cinq fois plus en cas de surpoids (IMC > 25). Le risque d'être traité pour hypertension artérielle est multiplié par 2,3 chez les sujets en surpoids et par 3,6 chez les obèses, la prévalence des dyslipidémies traitées est respectivement multipliée par 2,2 et 2,7 et la prévalence du diabète est respectivement multipliée par 3 et 7.

3.3.3.3.1 Expertise collective Inserm (2008)

L'Expertise collective Inserm (2008) a conclu que l'AP apparait comme un « élément essentiel » pour lutter contre le surpoids et l'obésité (INSERM 2008). Dans cette expertise, les relations entre l'AP, la prise de poids et l'obésité chez l'adulte ont été résumées en cinq points (Tableau 22) : si la contribution de l'AP reste modeste pour la perte de poids, elle a des effets reconnus pour le maintien de la perte de poids, ainsi que pour la prévention de la prise de poids et le maintien de la santé des sujets obèses.

Tableau 22. Relations entre activité physique et obésité et niveau de preuves scientifiques (Inserm 2008)

Effets de l'activité physique	Niveau de preuves scientifiques
1- Prévention de prise de poids	Très fort (A)
2- Perte de poids sans régime	Insuffisant (C)
3- Perte de poids sous régime	Insuffisant (C)
4- Maintien de la perte de poids	Très fort (A)
5- Maintien de la santé chez les sujets obèses	Très fort (A)

Dans le cadre de la prévention primaire, les points 1 et 5 sont concernés :

- l'AP constitue un facteur de prévention de la prise de poids ;
- l'AP régulière peut réduire significativement les comorbidités associées à l'obésité.

Sur ces points, les données récentes sont peu nombreuses et seront détaillées ci-dessous. Par ailleurs, compte-tenu du problème de santé publique que constitue l'obésité et de la difficulté pour les personnes obèses de perdre durablement du poids, le groupe de travail a fait le choix d'étudier également l'intérêt de l'AP en prévention de la reprise de poids.

3.3.3.3.2 Activité physique et prévention de la prise de poids

3.3.3.3.2.1 Expertise collective Inserm (2008)

Activité physique

Sur la base des études épidémiologiques, l'Expertise collective Inserm a indiqué « qu'un niveau faible d'AP habituelle mais aussi un temps de sédentarité élevé est associé à une plus grande prise de poids avec le temps. Certaines données suggèrent également que l'augmentation du poids corporel (chez l'adulte) est associée à une diminution ultérieure de l'AP et de la capacité cardio-respiratoire. Il s'agit donc d'une relation complexe ». Dans les études transversales, une association inverse entre le niveau habituel d'AP et différents indicateurs d'obésité a été retrouvée (4 études). Les études longitudinales ont suggéré qu'un niveau élevé d'AP peut atténuer le gain de poids, sans l'empêcher sur le long terme. Deux études longitudinales ont rapporté, respectivement après 6 et 5 ans de suivi, une diminution de 25 % du risque d'obésité grâce à une augmentation du temps de marche quotidien (une heure à intensité élevée) et une association inverse entre l'utilisation d'un transport actif pour aller travailler et la prise de poids ; cette dernière étant plus forte pour des AP à intensité élevée. Le rapport a également évoqué la possibilité d'une relation entre niveau d'AP habituelle et gain de poids variant en fonction du sexe, même si cette relation reste mal documentée. Enfin, les enquêtes européennes ont montré une association inverse entre une faible participation à des AP de loisirs et la prévalence de l'obésité.

Sédentarité

Indépendamment de l'AP de loisirs et quel que soit l'indicateur utilisé pour définir le comportement sédentaire, le temps passé assis pendant les loisirs a été positivement associé à l'IMC et le nombre d'heures passées en position assise au travail associé positivement à l'obésité. De même, indépendamment du niveau d'AP et des apports alimentaires, les comportements sédentaires ont été associés à la prise de poids avec le temps et à l'augmentation du risque de devenir obèse : une étude prospective a montré que 2 heures supplémentaires passées devant la télévision étaient associées à une augmentation de 25 % du risque de devenir obèse après 6 ans de suivi.

3.3.3.3.2.2 Données récentes

Activité physique

Une méta-analyse récente a étudié les relations existant entre certains comportements de santé (prise alimentaire, AP, tabac, sommeil et temps passé devant la télévision) et la prise de poids à long terme chez des sujets normo-pondérés ayant participé à trois études de cohortes prospectives (Nurses'Health Study, Health Professional Follow up Study, Nurses'Health Study II) (Mozaffarian et al. 2011). Ces trois études, réalisées aux Etats-Unis, ont suivi en moyenne pendant 20 ans, 120 877 sujets des deux sexes sans pathologie chronique ni obésité lors de l'entrée dans l'étude ; la relation entre les changements de comportement de santé et la variation de poids a été évaluée par intervalles de quatre ans avec des ajustements multivariés (âge, IMC de départ et mode de vie). Cette méta-analyse a montré que la prise de poids à long terme était régulière, autour de 400 g par an ; soit une augmentation de 2,4 % du poids pour chaque période de 4 ans, à partir de 50 ans en moyenne pour les hommes de la cohorte de la Health

Professional Follow up Study et les femmes de la Nurses'Health Study, et à partir de 37,5 ans pour les femmes de la Nurses'Health Study II. La prise alimentaire et l'AP ont été identifiées comme deux facteurs indépendants de variations de poids. Pour le quintile d'augmentation d'AP le plus élevé (augmentatin de 23 METs-h/sem), la prise de poids moyenne était diminuée de 800 g pour chaque période de 4 ans. Cette méta-analyse confirme les effets de l'AP régulière sur la prévention de la prise de poids.

Sédentarité

Dans la méta-analyse précédemment citée, toute heure supplémentaire passée devant la télévision s'associait à une prise de 0,150 g de poids, indépendamment du niveau d'AP. Plusieurs méta-analyses ont été publiées depuis 2008 sur les relations entre sédentarité et morbi-mortalité, mais la plupart d'entre elles ont utilisé l'IMC comme covariable dans l'analyse multivariée, alors que l'obésité en elle-même peut être responsable de la sédentarité.

3.3.3.3.2.3 Mécanismes

L'AP, plus particulièrement le renforcement musculaire, augmente le métabolisme de base, à travers une augmentation de la masse musculaire (Strasser 2013). D'autres mécanismes potentiels expliquent les effets de la pratique régulière de l'AP :

- la mobilisation des acides gras à partir de leur territoire de réserve adipocytaire, en améliorant la sensibilité des adipocytes à l'influence lipolytique des catécholamines, en réduisant en particulier le frein β -adrénergique à la lyse des triglycérides (de Glisezinski et al. 2003), et en majorant les effets lipolytiques des peptides natriurétiques libérés au cours de l'exercice physique (Moro et al. 2006) ;
- la capacité de transport des acides gras au travers du sarcolemme en augmentant l'expression des transporteurs FAT/CD36 (Tunstall et al. 2002) ;
- le taux de renouvellement des triglycérides intramusculaires dont l'accumulation chez les sujets sédentaires est un des évènements cellulaires associés à l'insulino-résistance (Covington et al. 2014) ;
- l'oxydation potentielle des acides gras, par une augmentation de la capacité oxydative musculaire, par augmentation de la densité mitochondriale (Zoll et al. 2003), et du transport des acides gras à longue chaîne au sein des mitochondries par activation de la navette carnitine-palmitoyl-transférase (CPT) (Tunstall et al. 2002) ;
- l'expression des enzymes impliquées dans le métabolisme des acides gras, grâce à l'expression du cofacteur de transcription PPAR β/δ , impliqué dans la régulation de la plupart des gènes qui codent ces enzymes (Luquet et al. 2003). L'ensemble de ces modifications contribue *in fine* à augmenter la capacité à oxyder les acides gras à longue chaîne (Louche et al. 2013) ;
- certaines données commencent également à évoquer un possible effet d'une pratique en aigu sur la sensation de faim ou sur la satiété, il s'agit toutefois d'exercices réalisés dans des conditions particulières d'intensité, de durée ou chez des sujets obèses (Thivel et al. 2014a).

3.3.3.3.2.4 L'entraînement par intervalles à haute intensité

L'intérêt d'un entraînement par intervalles à intensité élevée (HIIT) émerge progressivement. Ses effets sur la diminution de la masse grasse ont actuellement été peu étudiés. Une revue a suggéré que ce type d'entraînement induit une diminution modérée de masse grasse abdominale et sous-cutanée chez les sujets jeunes de poids normal ou en surpoids des deux sexes. D'autres études, réalisées chez des sujets en surpoids ayant un diabète de type 2, ont montré de plus fortes réductions de masse grasse sous-cutanée et abdominale, avec toutefois une grande variabilité intra-individuelle même au sein d'un même protocole (Boutcher 2011). Néanmoins, il est actuellement difficile de recommander ce type d'AP car les protocoles ne sont pas standardisés : grande variabilité de l'intensité, du nombre de répétitions, de la durée de chaque épisode d'exercice d'intensité élevée, du temps de repos entre chaque série (Boutcher 2011).

Les mécanismes d'action ne sont pas complètement définis. Les effets actuellement rapportés avec ce type d'entraînement régulier sont une augmentation significative des capacités aérobie et anaérobie, des adaptations musculaires oxydatives et glycolytiques, une augmentation de la sensibilité à l'insuline, une diminution de la masse grasse sous-cutanée et abdominale (avec une grande variabilité individuelle même au sein d'un même protocole) (Boutcher 2011). D'autres études seront nécessaires avec des protocoles standardisés pour déterminer l'efficacité, le type de protocole d'exercice (en déterminant le rapport coût bénéfice), l'adhérence à long terme ainsi que les contre-indications.

Ainsi les données épidémiologiques permettent de conclure que l'inactivité physique et la sédentarité favorisent la prise de poids et l'obésité, ceci de façon indépendante, ce qui n'exclut pas le fait que l'inactivité physique et la sédentarité puissent être associées.

Tous les types d'AP sont efficaces, le renforcement musculaire agissant en premier lieu sur le maintien ou l'augmentation de la masse musculaire et donc du métabolisme de base, l'exercice sollicitant l'aptitude cardiorespiratoire favorisant la mobilisation, le transport et l'utilisation des acides gras. De nouvelles perspectives se développent avec la pratique d'un entraînement par intervalles à intensité élevée dont certaines modalités ainsi que les mécanismes d'action restent à préciser.

3.3.3.3 Activité physique et prévention de la reprise de poids

Après une perte de poids par restriction calorique, le taux élevé de reprise pondérale reste un problème majeur (ANSES 2010). En prenant comme critère un amaigrissement réussi, une perte pondérale puis un maintien sur un an de cette perte supérieure ou égale à 10 % du poids initial, seules 20 % des personnes en surpoids perdent du poids à long terme avec succès (Wing 2005). La réduction des apports caloriques seule est souvent insuffisante pour maintenir la perte de poids (Deforche et al. 2005).

L'Expertise collective Inserm (2008) a conclu au rôle majeur de l'AP sur le maintien du poids et sur la moindre reprise après perte de poids (niveau de preuve « Très fort », tableau 22). Chez l'adulte, l'analyse de la littérature récente a confirmé l'intérêt de l'AP dans le maintien de la perte de poids après un régime. Une méta-analyse a inclus 18 études cliniques, dont 7 ayant réalisé un suivi de 2 ans ou plus, et a comparé le maintien de la perte de poids dans plusieurs groupes : régime hypocalorique ou association régime hypocalorique et exercice. La perte de poids ou d'IMC était significativement plus élevée dans le groupe combinant exercice et régime par rapport au groupe uniquement soumis à un régime ($\Delta = -0,25$; $IC_{95\%} = [0,36 - 0,14]$; $p = 0,4$) ; la perte de poids était en moyenne de 1,14 kg ($IC_{95\%} = [0,21 - 2,07]$), la diminution de l'IMC de 0,50 kg.m⁻² ($IC_{95\%} = [0,21 - 0,79]$). La perte de poids demeurait plus élevée dans les groupes exercice et régime pour les interventions de plus de 2 ans (Wu et al. 2009).

Mécanismes de la reprise de poids après perte de poids par déficit énergétique prolongé

Le principal mécanisme dans le processus de reprise de poids après restriction calorique est la diminution de la dépense énergétique par diminution du métabolisme de base. Chez un sujet en bonne santé, le niveau de métabolisme de base dépend en premier lieu de la masse musculaire, la relation entre ces deux paramètres étant linéaire (Thompson et al. 1997). D'autres mécanismes sont progressivement identifiés : ils mettent en jeu tous les acteurs de l'homéostasie énergétique (muscle, foie, adipocytes, cerveau, nutriments, peptides et hormones gastro-intestinales) (v. pour revue MacLean 2011). Ces acteurs agiraient en interaction et de façon coordonnée, mais il s'agit encore de données préliminaires faisant l'objet de recherche. En revanche, les relations entre masse musculaire et maintien de la perte de poids sont plus abouties : la perte de masse musculaire constitue un élément majeur favorisant la reprise de poids après une perte de poids ; en limitant la perte de masse musculaire, l'AP peut avoir un rôle préventif.

Chez l'adulte, lors d'un régime hypocalorique (500 à 700 kcal de déficit énergétique quotidien par rapport aux besoins), la perte de poids correspond à 75 % de masse grasse et de 25 % de masse maigre (Ballor et al. 1988). Cette proportion est indépendante du sexe et de l'âge (Dengel et al. 1994, Gallagher et al. 2000). Ajouter une AP régulière (endurance ou renforcement musculaire) à la restriction calorique permet de préserver la masse maigre. Ainsi, si l'addition d'un programme de renforcement musculaire à une restriction calorique n'induit pas une perte de poids supérieure à celle liée à la restriction seule, elle permet de préserver la masse musculaire et donc le métabolisme de base (Strasser 2013). Une méta-analyse a montré que l'AP régulière réduisait le pourcentage de perte de poids lié à la masse maigre de 25 à 12 % chez des adultes des deux sexes (Garrow 1995). Les mêmes résultats ont été rapportés chez des sujets âgés (60-80 ans) obèses (Villareal et al. 2006).

Quantité d'activité physique nécessaire pour prévenir la reprise de poids

Malgré le manque de données sur la dose d'AP nécessaire pour maintenir le poids après un amaigrissement, la recommandation retenue pour l'adulte est une pratique quotidienne d'AP d'intensité modérée de 60 à 90 minutes par jour pour prévenir le gain de poids et la reprise pondérale après amaigrissement (Inserm 2008). Pour la personne âgée obèse après perte de poids, même chez la personne fragile, un programme combiné est recommandé (endurance, renforcement musculaire et assouplissement), qui adapte les objectifs à l'individu et augmente progressivement l'intensité et la fréquence des exercices (Fiatarone, 1994, Villareal 2005).

Ainsi les données récentes confortent l'Expertise collective Inserm (2008) concluant que, l'activité physique aide au maintien de la perte de poids après un régime restrictif chez l'adulte.

Les mécanismes impliqués dans le processus de reprise de poids après restriction calorique sont multiples, l'AP agissant probablement à plusieurs niveaux. Le rôle bien démontré de l'AP est de limiter la perte de masse musculaire lors d'un amaigrissement, cette perte induisant une diminution du métabolisme de base, élément majeur favorisant la reprise de poids.

3.3.3.4 Activité physique et prévention des comorbidités de l'obésité

Mortalité

Selon les conclusions de l'Expertise collective Inserm (2008), un faible niveau de capacité cardio-respiratoire est un puissant prédicteur de mortalité chez l'adulte et la personne âgée, chez des sujets atteints ou non d'une pathologie chronique. De plus, le rapport a évoqué plusieurs études indiquant qu'un niveau de capacité cardio-respiratoire modéré à élevé, chez un sujet en surpoids ou obèse, engendrait un risque de mortalité (toutes causes et d'origine cardiovasculaire) plus faible que chez les sujets normo-pondérés inactifs ou présentant une faible capacité cardio-respiratoire (Inserm 2008).

Plus récemment, une revue a permis d'associer la capacité cardio-respiratoire à un moindre risque de mortalité totale, mais aussi cardiovasculaire, par cancer, de causes non cardiovasculaires non liées au cancer, et ce indépendamment du statut pondéral (Lee 2010).

Prévention cardiovasculaire

Chez les sujets obèses, l'inactivité physique augmente le risque de mortalité globale et de morbidité cardiovasculaire, constituant un facteur de risque additionnel chez ces sujets dont le risque est déjà augmenté. Inversement, les sujets en surpoids ou obèses ayant des niveaux de capacité cardio-respiratoire modérés à élevés ont un risque de mortalité (toutes causes confondues et cardiovasculaire) plus faible que les sujets de corpulence normale qui sont inactifs physiquement ou qui ont une faible capacité cardio-respiratoire (Inserm 2008).

La littérature récente a confirmé et précisé l'intérêt de l'AP en prévention cardiovasculaire. La Nurses'Health Study (88 393 femmes âgées de 34 à 59 ans, sans diabète, pathologie cardiovasculaire ni cancer à l'inclusion, suivies pendant 20 ans) a montré, après analyse

multivariée ajustée sur les principaux facteurs de risque cardiovasculaires que l'obésité et l'inactivité physique sont deux facteurs de risque de coronaropathie indépendants (Li et al. 2006). Ainsi, le risque de coronaropathie le plus faible est obtenu chez les femmes de poids normal et ayant une AP régulière $\geq 3,5$ h/sem (RR = 1), le risque le plus élevé est retrouvé chez les sujets physiquement inactifs et obèses (RR = 3,44, IC_{95%} = [2,81 - 4,21]), un risque intermédiaire est obtenu chez les sujets obèses ayant une AP régulière (RR = 2,48, IC_{95%} = [1,84 - 3,34]). Deux idées fortes se dégagent de cette étude : 1) avoir une AP élevée diminue le risque de coronaropathie mais ne fait pas disparaître le risque spécifique lié à l'obésité et 2) avoir un poids normal ne fait pas disparaître le risque de coronaropathie augmenté lié à l'inactivité. L'effet protecteur de l'AP chez le sujet obèse intervient notamment par une diminution significative des facteurs de risque d'origine cardiovasculaire (hypertension, dyslipidémie, etc.). L'effet de l'AP régulière sur le métabolisme musculaire est aussi particulièrement important avec une augmentation significative de la sensibilité à l'insuline, et ceci quel que soit le niveau de tolérance au glucose (normal, insulino-résistance ou diabète) (cf. 3.3.2. *Diabète de type 2*).

Diminution de la graisse viscérale

Depuis plusieurs années, l'association spécifique entre masse grasse abdominale, en particulier viscérale, et mortalité a été mise en évidence (Despres and Lemieux 2006). L'étude EPIC (European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition) a montré que la mortalité augmentait chez les sujets présentant une adiposité abdominale plus élevée, même pour des indices de masse corporelle inférieurs à 25 kg/m² (Pischon et al. 2008, Cerhan et al. 2014). La masse grasse viscérale semble être la localisation de tissu adipeux la plus pathogène et semble jouer un rôle central dans le syndrome métabolique (Despres and Lemieux 2006). Le tissu adipeux n'est plus considéré seulement comme un tissu de stockage, il est maintenant reconnu comme un organe endocrine et paracrine qui joue un rôle actif dans le métabolisme énergétique à travers la libération de nombreuses cytokines et autres médiateurs actifs (adiponectine, leptine, apeline, résistine, TNF- α , interleukine-6, inhibiteur de l'activateur du plasminogène-1 (PAI-1)). Ces nouveaux marqueurs influencent la composition corporelle ainsi que la sensibilité à l'insuline, le métabolisme des lipides et l'inflammation expliquant l'athérosclérose précoce dans l'obésité (Van Gaal et al. 2006).

Compte-tenu de la difficulté à maintenir une perte de poids significative au long cours, d'une part, et, d'autre part, des associations fortes démontrées entre masse grasse viscérale et syndrome métabolique, masse grasse viscérale et facteurs de risques cardiovasculaires, DT2, stéatose hépatique non alcoolique (Despres et al. 2008), il est important de déterminer si les effets de l'AP sur la réduction de la micro-inflammation et les facteurs de risque cardio-vasculaire peuvent s'expliquer, entre autres, par leur effet sur la diminution de la masse grasse abdominale.

Dans tous ces troubles de l'homéostasie énergétique et métabolique (obésité, dyslipidémies, diabète de type 2, hypertension artérielle, inflammation de bas grade, syndrome métabolique...), l'AP régulière joue un rôle de prévention et de traitement non pharmacologique (Expertise collective INSERM 2008, You and Nicklas 2008, Strasser 2013).

Une méta-analyse récente a apprécié les effets de l'AP régulière sur le tissu adipeux viscéral chez les sujets en surpoids et obèses (Vissers et al. 2013). L'objectif était de décrire les effets de l'exercice sur le tissu adipeux viscéral en fonction de différents types d'AP réalisés sans restriction calorique chez des sujets obèses. Seules les études qui avaient mesuré de façon objective le tissu adipeux viscéral (mesure par scanner ou IRM) ont été retenues (15 études, 852 sujets). Les résultats ont montré un effet significatif de l'AP sur la masse grasse viscérale. Une analyse par sous-groupes tenant compte du sexe, du type d'entraînement (aérobie, renforcement musculaire, combiné) et de l'intensité (faible, modéré, élevée) a mis en avant que les AP d'endurance d'intensité modérée à élevée avaient le potentiel le plus élevé pour réduire le tissu adipeux viscéral chez les individus en surpoids, en l'absence de tout régime hypocalorique. La diminution de la masse grasse viscérale était en moyenne de plus de 30 cm² chez la femme et de plus de 40 cm² chez l'homme. Les effets d'une AP de type renforcement musculaire n'ont pas été rapportés. Seules 4 études avaient toutefois inclus un protocole de renforcement musculaire (2 études avec

renforcement musculaire seul et 2 études avec entraînement combiné). D'autres études seront nécessaires, prenant en compte de possibles facteurs de confusion (sexe, phénotype de l'obésité, intensité et type de l'AP).

Les mécanismes biologiques liant AP régulière de type endurance et diminution de la masse grasse viscérale s'expliquent en grande partie par une activation du tonus sympathique au cours de l'exercice, stimulant la lipolyse au sein du tissu adipeux (de Glezinski 2003). Par rapport à la graisse sous-cutanée, la graisse viscérale est caractérisée par sa plus grande résistance à l'insuline (hormone qui est aussi fortement anti-lipolytique). Le tissu adipeux viscéral est donc plus lipolytique que le tissu adipeux sous-cutané. De plus, l'équilibre entre les récepteurs β -adrénergiques (lipolytiques) et α 2-adrénergiques (anti-lipolytiques) est en faveur des récepteurs β dans les adipocytes viscéraux, favorisant ainsi la mobilisation des acides gras libres à partir de ce tissu adipeux lors de la stimulation adrénergique (exercice, par exemple) (Enevoldsen 2000). Ceci explique que l'AP régulière diminue préférentiellement le tissu adipeux viscéral par rapport au tissu adipeux sous-cutané.

Prévention du diabète de type 2

Le diabète de type 2 est une complication majeure de l'obésité. Depuis une dizaine d'années, plusieurs études d'intervention (essais contrôlés randomisés) ont démontré que des modifications du mode de vie, incluant une augmentation de l'AP habituelle, pouvaient prévenir ou retarder le développement d'un DT2 chez des sujets à risque (intolérants au glucose), indépendamment du statut pondéral. L'effet bénéfique de l'AP régulière sur l'équilibre glycémique et sur les comorbidités associées au DT2 a aussi été démontré avec un niveau de preuves élevé ; ces effets étant obtenus indépendamment du statut pondéral (cf. 3.3.2).

Ainsi, chez des sujets en surpoids et obèses, l'AP régulière, en l'absence de régime hypocalorique et indépendamment de la perte de masse grasse totale ou de la perte de poids globale, permet de réduire le tissu adipeux viscéral, facteur de risque cardio-métabolique majeur (diabète de type 2) quel que soit l'IMC.

La pratique d'une activité physique régulière constitue une thérapeutique non médicamenteuse majeure chez les personnes obèses, permettant de réduire la mortalité totale, les risques cardio-vasculaires et les risques métaboliques indépendamment de la perte de masse grasse totale ou de la perte de poids globale.

Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité

Activité physique

Chez l'adulte, les 30 minutes d'AP modérée actuellement recommandées quotidiennement présentent des intérêts majeurs pour la santé des personnes obèses ou en surpoids, indépendamment des effets sur le poids (Expertise collective INSERM 2008). Cette quantité serait toutefois insuffisante, dans une partie de la population, pour maintenir un poids stable au fil des ans et un volume d'AP plus élevé serait nécessaire.

Les recommandations de l'Inserm ont récemment été confirmées. Pour prévenir le gain de poids 45-60 minutes/jour d'APME semblent nécessaires et 60 à 90 minutes en prévention de la reprise de poids après amaigrissement (Lee 2010).

De plus, le renforcement musculaire permet d'aider au contrôle du poids chez le sujet de poids normal (vraisemblablement par une augmentation du métabolisme de base) (Strasser 2013) ainsi que chez le sujet obèse ou en surpoids, et ceci d'autant plus qu'il y a eu perte de poids.

L'Expertise collective Inserm (2008) a toutefois pointé la difficulté de réalisation d'un tel volume d'AP quotidien, et plus particulièrement pour ces populations, généralement peu actives et sédentaires.

Ces recommandations peuvent être réalisées sous la forme d'activités du quotidien, d'exercices plus structurés ou d'activités sportives.

Par ailleurs, il faut souligner que le niveau minimum d'AP recommandé (30 minutes par jour d'activité d'intensité modérée 5 jours/semaine) est déjà susceptible d'apporter des bénéfices sur l'état de santé des personnes en surpoids, indépendamment des effets de l'AP sur le poids corporel (INSERM 2008, Blair 2004).

Sédentarité

Parallèlement à l'augmentation de la pratique d'activité physique, la réduction du temps passé à des occupations sédentaires est nécessaire pour prévenir la prise de poids et, par conséquent, le surpoids et l'obésité. Cela se traduit par une diminution du temps total de sédentarité et par une rupture régulière des périodes prolongées passées dans des activités sédentaires.

Effets de l'activité physique et de la sédentarité sur le risque de surpoids et d'obésité chez l'adulte

Prévention de la prise de poids

Les données récentes confortent les conclusions de l'Expertise collective Inserm (2008) :

- L'activité physique constitue un élément essentiel pour lutter contre la prise de poids et le développement de l'obésité, quel que soit l'IMC.
- L'inactivité physique et la sédentarité favorisent la prise de poids et l'obésité.

Prévention de la reprise de poids

Les données récentes confortent les conclusions de l'Expertise collective Inserm (2008) :

- Chez l'adulte, l'activité physique aide au maintien de la perte de poids après un régime.
- L'AP diminue la perte de masse musculaire lors d'un amaigrissement, cette perte constituant un élément majeur favorisant la reprise de poids.

AP et prévention des comorbidités de l'obésité

Les données récentes confortent et précisent les conclusions de l'Expertise collective Inserm (2008) :

- Indépendamment du statut pondéral, la capacité cardio-respiratoire est associée à un moindre risque de mortalité.
- Indépendamment du statut pondéral et de la perte de poids, l'activité physique diminue les risques de pathologie cardiovasculaire, sans toutefois compenser totalement l'augmentation du risque liée à l'obésité.
- Chez le sujet obèse, l'activité physique régulière permet de prévenir ou de retarder l'apparition du diabète de type 2, sans compenser totalement l'augmentation du risque liée à l'obésité ;
- L'AP régulière permet de diminuer la masse grasse abdominale et plus particulièrement la masse grasse viscérale, directement associée à la morbidité cardio-métabolique et à la mortalité.

Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité

- Une AP d'intensité modérée de 45 à 60 min/jour serait nécessaire pour prévenir le gain de poids.
- Une AP d'intensité modérée de 60 à 90 min/jour serait nécessaire pour prévenir la reprise de poids après amaigrissement.
- Le renforcement musculaire devrait être associé à l'AP de type endurance afin de maintenir la masse musculaire, particulièrement lors de l'avancée en âge (diminution de masse musculaire) et chez les sujets de poids normal qui ont déjà alterné des cycles de perte de poids-reprise de poids (donc avec probable perte de masse musculaire).
- Diminuer le temps de sédentarité total et rompre les périodes de sédentarité prolongées.

3.3.3.4 Activité physique et comportements alimentaires

Le maintien du poids corporel repose sur des stratégies principalement basées sur un contrôle de la prise alimentaire et de l'AP de manière à limiter ou à réduire les apports énergétiques d'une part, et à favoriser la dépense d'énergie d'autre part. Bien que l'AP soit essentiellement considérée pour augmenter la dépense énergétique, elle permet également d'ajuster indirectement la prise alimentaire et les sensations d'appétit (Blundell et al. 2003, Thivel et al. 2012) dans la mesure où le maintien des homéostats, qu'ils soient physiologiques ou comportementaux, est sous l'influence de boucles de rétrocontrôle (Figure 20). Cette capacité à moduler le comportement alimentaire d'un individu représente un intérêt tout particulier en termes de prévention, de prise en charge de l'obésité et de reprise du poids perdu.

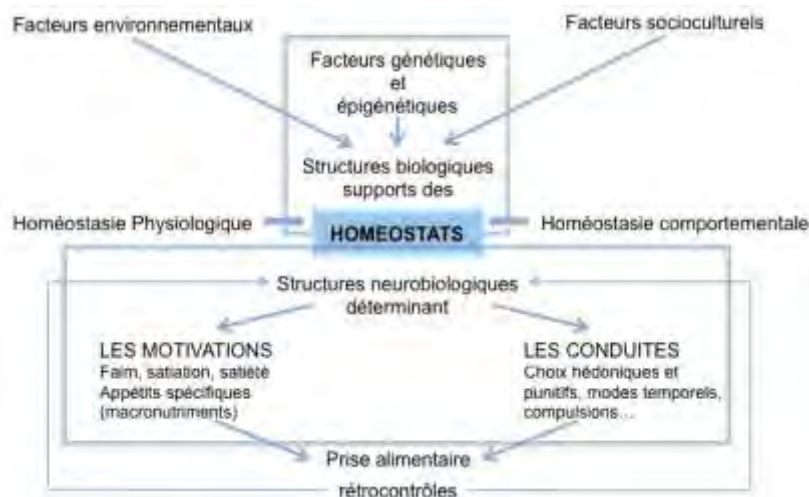


Figure 20. Régulation centrale des homéostats d'origine physiologique et comportementale (Inserm 1999).

Avant les années 1960, on considérait que la prise alimentaire d'un individu était régulée de manière si fine que le déficit énergétique engendré par l'AP était directement compensé par une augmentation de la consommation d'aliments (Mayer et al. 1956). Bien que les études conduites depuis n'aient pas systématiquement observé de réponse compensatoire, l'AP est considérée comme un facteur important de modulation de la prise énergétique, en particulier en créant une balance énergétique négative. La prise alimentaire ne doit pas être considérée comme la couverture d'un simple besoin énergétique mais comme un modèle comportemental complexe

déterminé par des facteurs psychologiques, biologiques et environnementaux (Blundell and King, 1999).

La question posée est de savoir si le déficit énergétique produit par l'AP est compensé par une augmentation de la prise alimentaire ou non, ce qui, dans les deux cas, représente un enjeu majeur pour comprendre et améliorer les stratégies de prévention et de prise en charge du surpoids.

3.3.3.4.1 Effets de l'activité physique et de la sédentarité sur le comportement alimentaire de l'adulte

3.3.3.4.1.1 Pratique d'une activité physique en aigu

Une méta-analyse récente (Donnelly et al. 2014) a fait le constat que 50 à 92 % des études n'observaient pas d'effet de l'AP sur la prise alimentaire, confirmant ainsi les résultats d'études plus anciennes (Blundell et al. 2003, Schubert et al. 2013). Il n'existait pas de compensation alimentaire du déficit énergétique produit par l'AP, créant ainsi une balance énergétique négative sur le moyen terme (Donnelly et al. 2014, Schubert et al. 2013). De plus, l'AP n'aurait pas d'effet sur les préférences alimentaires et donc la répartition en macronutriments des repas.

En revanche, les effets des différentes caractéristiques de l'AP sur le contrôle de la prise alimentaire semblent assez divergents (Donnelly et al. 2014, Schubert et al. 2013). Donnelly et al. (2014) n'ont pas constaté d'effet net des conditions de pratique alors que Schubert et al. (2013) ont constaté que les sujets habituellement inactifs étaient plus enclins, suite à un effort physique, à réduire leur prise alimentaire comparativement à des sujets sportifs, qui présentaient la tendance inverse. Les divergences de conclusions reposent à la fois sur les caractéristiques de l'AP et sur celles des sujets étudiés (Blundell et al. 2015).

Caractéristiques de l'activité physique

La durée de l'AP semble entraîner une augmentation de la prise alimentaire mesurée durant 15 min après la fin de l'AP. Si des AP réalisés à 50W pendant 30 ou 60 min n'engendraient pas de différence significative de la prise alimentaire, quand la durée atteignait 120 min les apports étaient significativement augmentés (Erdmann et al. 2007). Les sensations de faim ne différaient pas significativement entre les trois durées d'AP et la session contrôle. Cependant, seule la durée a été contrôlée et non la dépense énergétique (Deighton and Stensel 2014).

L'intensité de l'AP apparaît comme le paramètre le plus important. Dans l'étude d'Imbeault et al. (1997), la prise alimentaire a été mesurée à la suite à deux AP d'intensités différentes mais de dépense énergétique identique : une de 34 min à 75 % de VO_2 max et une de 72 min à 35 % de VO_2 max. Les résultats mettaient en évidence une prise alimentaire significativement inférieure lors de l'AP à haute intensité comparativement à l'AP de faible intensité et à la session de contrôle.

L'étude de Balaguera-Cortes (Balaguera-Cortes et al. 2011) a comparé la prise alimentaire de jeunes adultes (10 hommes) actifs, à l'issue de 45 min d'AP contre résistance, de 45 min d'AP sollicitant l'aptitude cardio-respiratoire (course à 70 % de VO_2 pic) et 45 min de sédentarité. Bien que la dépense d'énergie lors de l'AP sollicitant l'aptitude cardio-respiratoire soit supérieure aux deux autres situations, la prise alimentaire n'était pas significativement différente entre les trois situations.

La comparaison d'AP continue sollicitant l'aptitude cardio-respiratoire (30 min à 60 % VO_2 pic) avec une AP intermittente d'intensité modérée (30 min alternant 60s à 100 % VO_2 pic et 240s à 50 % VO_2 pic), une AP intermittente à haute intensité (30 min alternant 15s à 170 % VO_2 pic et 60s à 32% VO_2 pic) et une session contrôle sans AP faisait état d'une réduction significative de la prise alimentaire suite à l'AP intermittente d'intensité modérée et élevée comparativement à la session de contrôle. En revanche, seule la session avec une AP intermittente à haute intensité était associée à une réduction significative de la prise alimentaire comparativement à l'AP continue sollicitant l'aptitude cardio-respiratoire (Sim et al. 2014).

Il est également intéressant de constater que lors d'un faible déficit énergétique (350 kcal) obtenu soit par restriction énergétique, soit par une AP, il n'existait pas de compensation alimentaire dans aucune de ces situations (évaluée par un repas *ad libitum* 7 h après). En revanche, les sensations de faim étaient augmentées lors de la restriction énergétique comparativement à l'AP (Deighton et al. 2014).

Toutes les activités sportives étudiées ont un effet anorexigène, la course (King et al. 2010), le cyclisme (Laan et al. 2010) ou la natation (King et al. 2011). Cependant, cette suppression de la sensation de faim n'était effective que pour des intensités supérieures à 60 % de $VO_2\text{max}$ et n'était que transitoire, disparaissant en moyenne 30 min après l'arrêt de l'effort. L'AP retardait ou supprimait transitoirement l'appétit pendant et après l'AP lorsque cette dernière présentait une intensité supérieure à au moins 60 % de $VO_2\text{max}$ (Blundell and King 2000, Broom et al. 2007, King et al. 2013). Cette diminution n'était pas observée après une AP de faible intensité (Erdmann et al. 2007, Imbeault et al. 1997).

Caractéristiques des populations

Très peu d'études ont comparé les réponses à l'AP de la prise alimentaire des femmes à celle des hommes. Globalement, les hommes et les femmes ajustaient leur prise alimentaire post-exercice de façon similaire (Verger et al. 1992). La récente étude de Hagobian (Hagobian et al. 2013) faisait état d'une réduction similaire de la prise alimentaire suite à une AP de 60 min à 70 % de $VO_2\text{max}$ chez l'homme et la femme.

Si le sexe semblait ne pas affecter la modulation de la prise alimentaire par l'AP, il n'en était pas de même pour ce qui concernait le statut pondéral. Ueda et al. ont observé une réduction de la prise alimentaire à l'issue d'une AP, significativement plus importante chez les hommes obèses comparativement aux sujets normo-pondérés (Ueda et al. 2009a). En revanche, chez les femmes, l'obésité ne semblait pas influencer sur les réponses de la prise alimentaire à l'AP (George and Morganstein 2003, Kissileff et al. 1990).

Le niveau d'AP des personnes est également un paramètre jouant un rôle sur le contrôle de la prise alimentaire par l'AP. En effet, plusieurs travaux ont mis en évidence que les personnes pratiquant régulièrement une AP étaient plus sensibles au déficit énergétique (induit par l'AP) que les personnes sédentaires. La conséquence était une compensation rapide par une prise alimentaire augmentée rétablissant une balance énergétique équilibrée (Jokisch et al. 2012; Rocha et al. 2013, Whybrow et al. 2008).

3.3.3.4.1.2 *Activité physique régulière*

Les études d'intervention à court terme (2 à 5 jours) au cours desquelles ont été étudiés les ajustements de la prise alimentaire après instauration d'un programme d'AP, fournissent des résultats contradictoires. Ainsi, la revue de King et al. (1997) souligne que 65 % des études n'observaient pas de modification de la prise alimentaire après le programme d'AP, 19 % reportaient une augmentation et 16 % une diminution. Au-delà de deux semaines d'intervention, la compensation était partielle et incomplète. (Blundell et al. 2003).

S'appuyant sur ces divergences, les auteurs ont suggéré de séparer les sujets en "compensateurs" et "non compensateurs" mettant ainsi en évidence l'importance des caractéristiques individuelles des personnes dans leur capacité à contrôler leur prise alimentaire (Hopkins et al. 2014, King et al. 2008).

3.3.3.4.1.3 *Sédentarité*

Plusieurs travaux ont appréhendé la question de l'effet du comportement sédentaire sur la prise alimentaire. Une orientation consiste à comparer des comportements sédentaires de mêmes dépenses énergétiques mais de charges cognitives différentes (visionner un film, lire, rédiger un texte ou faire des exercices mentaux, etc.). Une autre approche consiste à comparer des comportements sédentaires « remis » à l'AP.

Les études ont montré une augmentation de la prise alimentaire lors de comportements sédentaires impliquant des mécanismes cognitifs ou émotionnels comme des situations stressantes (Chaput et al. 2008, Wallis and Hetherington 2004). Par exemple, la comparaison de 45 min de repos à 45 min avec une tâche de lecture et de résumé de texte, montrait que, bien que les deux sessions réalisées représentaient une même dépense énergétique, la session avec tâche cognitive entraînait une prise alimentaire significativement supérieure à la session de repos, sans modification de la proportion des macronutriments, ni de sensation d'appétit (Chaput et al. 2007).

En résumé, chez l'adulte le déficit énergétique produit par l'AP n'est pas systématiquement compensé par la prise alimentaire, créant ainsi une balance négative. Le contrôle de la prise alimentaire par l'AP est dépendant à la fois des caractéristiques des personnes et de celles de l'AP.

L'intensité élevée apparaît le facteur le plus important entraînant une réduction de la prise alimentaire et une altération de l'appétit. Cependant, l'effet anorexigène observé dès l'arrêt de l'AP n'est que transitoire et disparaît en moins d'une heure.

Tous les comportements sédentaires n'ont pas les mêmes effets sur la prise alimentaire : les comportements avec une composante cognitive ou émotionnelle entraînent une plus forte prise alimentaire que le repos sans tâche mentale.

3.3.3.4.2 Effet de l'activité physique et de la sédentarité sur le comportement alimentaire de l'enfant et l'adolescent

Les études observationnelles ont montré que les apports énergétiques étaient plus élevés chez les enfants et les adolescents les plus actifs (Fulton et al. 2009, Stallmann-Jorgensen et al. 2007). On remarque que les enfants dont les apports énergétiques post-exercice étaient les plus élevés étaient aussi les plus actifs et ceux qui présentaient le poids corporel le plus faible (Cuenca-García et al. 2014). En revanche, la différence d'apports alimentaires entre les enfants obèses et les enfants normo-pondérés a été estimée à plus de 200 kcal d'apport par 24 h en faveur des enfants obèses (Vilchis-Gil et al. 2015) et pouvait atteindre plus de 400 kcal (Fulton et al. 2009). Les comportements sédentaires, stimulant l'appétit et fournissant plus d'occasions de s'alimenter, sont associés à une prise alimentaire plus élevée.

3.3.3.4.2.1 Pratique d'une activité physique en aigu

Seules 8 études s'intéressant aux effets d'une pratique d'AP en aigu sur la prise alimentaire, l'appétit et la balance énergétique chez l'enfant et l'adolescent ont été répertoriées. Ces études font état de résultats divergents (Thivel et al. 2012).

Caractéristiques de l'activité physique

Chez des adolescents normo-pondérés, l'AP d'intensité élevée n'a pas entraîné d'effet anorexigène (Thivel et al. 2014a). Chez ces adolescents aucune modification de la prise alimentaire n'a été observée à la suite de deux AP de 15 et de 45 min, de dépenses énergétiques très différentes (≈ 62 kcal pour l'AP de 15 min contre 190 kcal pour celui de 45 min) (Bozinovski et al. 2009). De la même façon, la pratique d'AP de 15 min d'intensité modérée à élevée (au seuil ventilatoire ou 20 % en dessous de ce seuil) n'entraînait pas de modification significative de la consommation alimentaire (Tamam et al. 2012). Cependant, ces derniers résultats doivent être considérés avec prudence au regard de la faible dépense d'énergie totale engendrée par les AP (61 ± 4 kcal et 79 ± 4 kcal) et de leur courte durée (15 min). En revanche, ils sont en contradiction avec certains travaux ayant montré une diminution de la prise alimentaire d'enfants normo-pondérés après 45 min de natation, de renforcement musculaire ou encore d'AP sollicitant l'aptitude cardio-respiratoire (Nemet et al. 2010). Cependant, dans ces travaux, les sensations de faim et de satiété n'ont pas été mesurées. D'autres études réalisées chez des adolescents non-obèses relatent des résultats encore divergents puisqu'une session de 47 min de Netball (65 % de

VO₂max et une dépense énergétique de 343 kcal) a été associée à une augmentation significative de la prise énergétique (Rumbold et al. 2011). Cette augmentation de la prise alimentaire a été observée durant les 48 heures qui ont suivi la session de Netball et a été associée à une sensation de faim plus forte (Rumbold et al. 2011).

Caractéristiques des sujets

Les premiers travaux portant sur les effets d'une AP sur la prise alimentaire de filles de 9-10 ans ne faisaient pas état d'effet anorexigène de l'AP d'intensité élevée (Moore et al. 2004). Dans cette étude, les filles normo-pondérées ont réalisé deux AP d'intensité élevée (75 % de VO₂max, un le matin et un l'après-midi) ou deux AP d'intensité modérée (50 % de VO₂max), générant la même dépense énergétique (≈360 kcal). Malgré l'absence de différences de l'apport énergétique total (repas de midi et du soir) entre les deux sessions expérimentales, les auteurs ont observé une réduction de la prise alimentaire au repas de midi après l'AP d'intensité modérée par rapport à l'AP d'intensité élevée. Les sensations de faim et de satiété n'ont en revanche pas été altérées, quelle que soit l'intensité de l'AP.

Chez les pré-adolescents et pré-adolescentes (9-14 ans) normo-pondérés, les travaux de Bozinovski et al. (Bozinovski et al. 2009) ont montré qu'après une AP de 45 min réalisée au seuil ventilatoire, les filles avaient tendance à augmenter leur prise alimentaire, contrairement aux garçons. En revanche, il n'existait pas de différence significative entre les deux sexes en ce qui concerne la sensation subjective d'appétit. Sur un faible effectif (7 filles et 7 garçons) d'adolescents obèses (13-14 ans), Thivel et al. (2011a) n'ont pas observé de réponses significativement différentes entre les filles et les garçons quant à leur prise alimentaire et leur appétit dans les suites d'un exercice de 30 min à 70 % de VO₂max.

Les hypothèses d'un potentiel effet du niveau de condition physique reposent sur le fait que les adolescents présentant de meilleurs niveaux de condition physique ou d'AP possédaient également de meilleures concentrations plasmatiques d'insuline et de leptine, deux hormones impliquées dans le contrôle de l'appétit et de la dépense énergétique (Artero et al. 2014). Chez des adolescents sportifs contrairement aux adolescents obèses, les résultats préliminaires montraient une augmentation de la prise alimentaire post-exercice d'intensité élevée (Thivel et al. 2015). Aucune étude n'a permis de retrouver une effet du niveau de condition physique ou du niveau d'AP des jeunes sur la modulation de la prise alimentaire.

3.3.3.4.2.2 *Activité physique régulière*

Très peu d'études se sont penchées sur l'effet des programmes d'AP sur la modulation de la prise alimentaire et de l'appétit. La plupart du temps, les études se sont intéressées à l'évolution de la prise alimentaire suite à une prise en charge pluridisciplinaire. Les travaux font état d'une réduction de la prise alimentaire dépendante de la perte de poids (Thivel et al. 2014b). La seule étude analysant les effets d'une prise en charge globale sur la prise alimentaire post-exercice, n'a pas observé de compensation de la dépense énergétique liée à l'AP, entraînant ainsi une balance négative après 6 semaines d'intervention (Thivel et al. 2011b).

L'étude de Carnier et al. (2013) a comparé les effets d'un entraînement sollicitant l'aptitude cardio-respiratoire (séance de 60 min au seuil ventilatoire à raison de 3 fois par semaine) à un entraînement combinant un travail sollicitant l'aptitude cardio-respiratoire et des exercices de renforcement musculaire (30 min d'AP sollicitant l'aptitude cardio-respiratoire au seuil ventilatoire associée à 30 min de renforcement musculaire, 3 fois par semaine) sur la balance des concentrations sériques en neurotransmetteurs orexigènes (AgRP, NPY et MCH) et anorexigènes (α -MSH) chez des adolescents obèses. Si les deux types d'intervention ont entraîné une perte significative de poids, une réduction de l'IMC et de la masse grasse, les résultats ont fait état d'un effet plus bénéfique de l'entraînement sollicitant l'aptitude cardio-respiratoire comparativement à l'entraînement combiné au bout de 6 mois par un effet anorexigène de l'AP. En revanche, les résultats étaient similaires entre les deux groupes à l'issue d'un an d'intervention.

3.3.3.4.2.3 Sédentarité

L'étude d'Epstein et al. (Epstein et al. 2002) présentait un design original tentant de manipuler les comportements d'AP et de sédentarité afin d'identifier leurs effets spécifiques sur la prise alimentaire. Chez des enfants non obèses âgés de 8 à 12 ans, les auteurs ont modifié les comportements sédentaires par phases de 3 semaines : phase 1, une augmentation (50 %) puis phase 2, une réduction (53 %) des comportements sédentaires. Les résultats faisaient état d'une augmentation de la prise alimentaire (+350 kcal) quand les comportements sédentaires étaient augmentés. Cette augmentation était associée à une diminution de la dépense énergétique (-100 kcal). Les auteurs concluaient que l'augmentation des comportements sédentaires avait une forte influence sur la réduction de la dépense énergétique et sur l'augmentation de la prise alimentaire. Globalement, les comportements sédentaires étaient associés à une prise alimentaire plus élevée, en comparaison des comportements actifs (Thivel et al. 2013).

Afin de limiter les comportements sédentaires, le développement de jeux vidéo dits "actifs", c'est-à-dire nécessitant une dépense énergétique plus élevée comparativement aux jeux vidéo dits passifs, a été plébiscité. Les études qui se sont intéressées à cette question ont fait état d'une prise alimentaire augmentée suite à des séances de jeu vidéo actifs comparativement à des sessions de contrôle (Chaput et al. 2011). Comparativement à des sessions de jeux vidéo passifs et une AP de dépense similaire, la prise alimentaire suite à une session de jeux vidéo actifs ne semblait pas significativement différente (Chaput et al. 2015) et n'entraînait pas de balance énergétique négative (Gribbon et al. 2015). Si l'utilisation de jeux vidéo actifs a été envisagée pour réduire les temps de sédentarité des enfants et des adolescents, leurs effets sur la prise alimentaire restent à connaître et leur introduction dans les stratégies de prise en charge doit être envisagée avec précaution (Simons et al. 2015).

En résumé, chez l'enfant et l'adolescent, les effets de l'AP sur le comportement alimentaire dépendent à la fois des caractéristiques de l'AP et de celles des sujets.

Ainsi, l'AP d'intensité élevée (> 70 % VO₂max) réduit la prise alimentaire chez les sujets obèses, ne la modifie pas chez les sujets normo-pondérés et l'augmente chez les sujets sportifs. Les apports alimentaires et l'appétit sont des paramètres en partie indépendants.

L'augmentation des comportements sédentaires est associée à une prise alimentaire augmentée. L'effet de l'AP répétée sur la modulation de la prise alimentaire par l'AP reste à étudier.

3.3.3.4.3 Mécanismes d'action de l'activité physique sur le comportement alimentaire

Il existe de nombreux signaux périphériques (d'origines humorale, sensorielle et hormonale) qui influencent les comportements alimentaires et régulent le poids corporel (Havel 2001). La complexité des effets de l'AP (stimulus périphérique via la masse musculaire) sur la régulation de la prise alimentaire et de l'équilibre énergétique repose sur le fait que les mécanismes de régulation sont distincts mais interagissent (Havel 2004). L'interaction de ces deux composants est la clé de l'homéostasie énergétique. Cette dernière est contrôlée et régulée à plusieurs niveaux selon un modèle de rétrocontrôle. Le dialogue entre la périphérie (tissu adipeux, muscle, foie et tube digestif) et le système nerveux central informe en continu le cerveau sur le statut nutritionnel et métabolique de l'organisme (Lafontan 2011).

Classiquement, la diversité des signaux du contrôle de la prise alimentaire amène à distinguer une régulation à court et moyen termes (de 1 jour à 2 semaines) et une régulation à long terme, phases au cours desquelles l'AP peut influencer le contrôle de la prise alimentaire via la modification des concentrations des facteurs hormonaux et des peptides.

Régulation de la prise alimentaire à court et à moyen termes

Les signaux périphériques, dont la durée d'action correspond à un intervalle interprandial, interagissent entre eux et sont transmis au système nerveux central (Blundell et al. 1993).

La distension gastrique, provoquée par l'arrivée des aliments dans l'estomac informe le système nerveux central. L'arrivée des aliments dans le tube digestif entraîne la sécrétion d'un certain nombre d'hormones et de peptides anorexigènes dont les principaux sont la cholécystokinine (CCK), le peptide YY (PYY₃₋₃₆) et glucagon-like peptide-1 (GLP-1) qui réduisent la prise alimentaire.

La méta-analyse récente de Schubert (Schubert et al. 2014) a analysé les résultats de 20 études (conservées après validation de la qualité méthodologique) portant sur l'effet de l'AP sur les taux des hormones de l'appétit. Les conclusions de cette analyse confirmaient que la pratique d'une AP en aigu a un effet de faible à modéré sur les concentrations des hormones impliquées dans la régulation de la prise alimentaire. Ainsi, la pratique d'une AP en aigu supprimait les effets de la ghréline acylée et augmentait les concentrations plasmatiques de PYY, GLP-1 et polypeptide pancréatique (PP). Le stimulus orexigène de la ghréline pourrait être diminué par l'AP et ainsi modifier l'équilibre énergétique (Kraemer and Castracane 2007). En revanche, l'effet que pourraient avoir ces variations de concentrations hormonales sur la prise alimentaire n'a pas été exploré.

Les réponses de certains acteurs hormonaux impliqués dans le contrôle de la prise alimentaire à la pratique d'une AP en aigu diffèrent entre adultes et enfants. Une augmentation des hormones favorisant la prise alimentaire (forme active de la ghréline) en réponse à une AP a été observée chez des enfants (Sauseng et al. 2011) et chez des adolescents normo-pondérés ou en surpoids (Mackelvie et al. 2007). Chez l'adulte, les résultats étaient divergents et dépendaient du sexe, du statut pondéral des sujets et de l'intensité de l'AP (Erdmann et al. 2007), voire de leur interaction (Schmidt et al. 2004).

L'AP met donc probablement en jeu des mécanismes hormonaux de rétrocontrôle, agissant de manière directe ou non sur la prise alimentaire. Ceci a conduit à l'hypothèse qu'un délai de plusieurs heures était nécessaire pour atteindre l'action optimale des hormones, notamment satiétogènes, PYY₃₋₃₆, CCK, GLP-1, sur le contrôle de la prise alimentaire indépendamment de la sensation d'appétit. Les divergences de résultats pouvaient s'expliquer par les caractéristiques de l'AP (Broom et al. 2009, Ueda et al. 2009b). Les réponses différentes des hormones régulatrices de l'appétit ne semblaient pas avoir un effet sur l'apport d'énergie au cours du repas post-exercice (Balaguera-Cortes et al. 2011).

Régulation de la prise alimentaire à long terme

Les événements qui permettent le contrôle de la prise alimentaire se situent à trois niveaux : les comportements individuels, les événements physiologiques et métaboliques et les interactions métaboliques au niveau cérébral. L'effet potentiel de l'AP est complexe et peut intervenir à différents niveaux par plusieurs médiateurs. Les principaux signaux identifiés sont la leptine, l'insuline et la ghréline. La leptine et l'insuline sont deux hormones ayant de nombreux récepteurs hypothalamiques. Les facteurs circulants tels que l'insuline, le glucose et la leptine sont connus comme étant des inhibiteurs puissants de la prise alimentaire et également de l'activité de l'AMPK (adénosine monophosphate - *activated protein kinase*) hypothalamique. La ghréline et les endocannabinoïdes ont des effets opposés. Ainsi, l'adiponectine augmente la prise de nourriture par l'activation de l'AMPK dans l'hypothalamus.

La leptine est une hormone du tissu adipeux et sa concentration plasmatique est donc proportionnelle à la masse grasse, ce qui explique qu'elle augmente avec l'obésité (Friedman and Halaas 1998). Elle assure l'homéostasie énergétique, probablement par un mécanisme de rétrocontrôle négatif, en informant les centres régulateurs de la quantité de masse grasse stockée dans les tissus périphériques. La leptine inhibe la prise alimentaire et augmente la dépense

énergétique. La majorité des études ont montré une diminution des concentrations plasmatiques de leptine après des programmes de prise en charge (Balagopal et al. 2010, Gueugnon et al. 2012, Jones et al. 2009). La plupart des études ont montré que ces réductions des concentrations de leptine étaient dépendantes de la perte de poids chez les sujets obèses (Gutin et al. 1999).

Une augmentation des concentrations plasmatiques de ghréline totale, seule hormone circulante à potentialité orexigène, a été observée après un programme de prise en charge de 3 ou 6 mois par une AP régulière (Balagopal et al. 2010, Gueugnon et al. 2012), mais celle-ci n'a pas été observée sous sa forme acylée (Kim et al. 2008). La divergence de résultats peut s'expliquer par les contenus des interventions (AP seule ou avec régime restrictif), par l'ampleur de la perte de poids et par l'expression des réponses hormonales (ghréline totale vs ghréline acylée). Ce constat n'a pas été systématiquement reproduit. Cependant, des études longitudinales évaluant les mécanismes d'action de l'AP sur la prise alimentaire et l'appétit font encore cruellement défaut.

Les facteurs impliqués dans le contrôle de l'appétit sont la composition corporelle (masse maigre, masse grasse), le métabolisme de repos et les hormones et peptides digestifs tels que l'insuline, la ghréline, la leptine, la cholécystokinine, le glucagon-like peptide-1 et le peptide YY. Ces facteurs sont modifiés par l'AP mais la compréhension de leurs interactions et des mécanismes par lesquels ils agissent sur le contrôle de la prise alimentaire nécessitent des études supplémentaires.

Effets de l'activité et de la sédentarité sur les comportements alimentaires

Les effets de l'AP sur le comportement alimentaire dépendent à la fois des caractéristiques de l'AP et de celles des sujets.

Chez l'adulte

- Le déficit énergétique produit par l'AP n'est pas systématiquement compensé par la prise alimentaire, créant ainsi une balance négative.
- L'intensité élevée de l'AP est le principal facteur entraînant une réduction de la prise alimentaire et une altération transitoire de l'appétit. L'effet anorexigène observé dès l'arrêt de l'AP est transitoire et disparaît en moins d'une heure.
- La prise alimentaire est augmentée lorsque l'activité sédentaire comporte une composante cognitive ou émotionnelle, en comparaison au repos.

Chez l'enfant et l'adolescent

- Une AP d'intensité élevée (> 70 % VO₂max) réduit la prise alimentaire chez les sujets obèses, ne la modifie pas chez les sujets normo-pondérés et l'augmente chez les sujets sportifs.
- Les comportements sédentaires sont associés à une prise alimentaire augmentée.

Mécanismes

- L'AP peut modifier certains facteurs impliqués dans le contrôle de l'appétit comme la composition corporelle, le métabolisme de repos et les hormones et peptides tels que l'insuline, la ghréline, la leptine, la cholécystokinine, le glucagon-like peptide-1 et le peptide YY. Leurs mécanismes d'action restent encore à élucider.

3.3.4 Maladies cardio-vasculaires

Selon la définition de l'OMS, les maladies cardiovasculaires constituent un ensemble de troubles qui affectent le cœur et les vaisseaux, et qui trouvent principalement leur origine dans des lésions athéromateuses siégeant dans le réseau coronaire, les vaisseaux cérébraux ou des membres inférieurs. Ces pathologies se caractérisent par des accidents aigus liés à ces lésions athéromateuses comme les infarctus du myocarde ou les lésions ischémiques cérébrales, et sont associées à de nombreux facteurs de risque comme une mauvaise alimentation, l'inactivité physique, la sédentarité, une hypertension, une hyperglycémie, une dyslipidémie ou un état de surpoids ou d'obésité.

3.3.4.1 Prévalence et mortalité par maladies cardiovasculaires

Les principales données relatives à l'évolution de la mortalité et des causes de décès en France depuis 20 ans (entre 1990 et 2009) ont permis de montrer une baisse des taux de décès standardisés sur l'âge (qui prennent en compte l'effet du vieillissement) (Aouba et al. 2012). Les baisses les plus marquées des taux de décès ont été enregistrées pour les pathologies de l'appareil circulatoire (-44 %, dont près de la moitié pour les pathologies ischémiques cardiaques), respiratoire (-42 %) et digestif (-38 %). Cette évolution fait que les pathologies cardiovasculaires représentent actuellement la deuxième cause de mortalité en France, avec un taux standardisé de 216,2/100000 habitants, juste derrière les cancers (taux de décès de 243,3/100000 habitants). Sur la période de 2000 à 2007, on a enregistré une réduction de 19 % des taux d'infarctus du myocarde et de la mortalité liée à des événements coronaires ; même si le nombre de personnes hospitalisées pour infarctus du myocarde a diminué de 7,4 % entre 2002 et 2008, ce sont plus de 56000 patients qui ont été reçus en secteur hospitalier pour un épisode aigu de pathologie coronarienne. Sur la même période, le nombre de patients hospitalisés pour insuffisance cardiaque a crû de 14,4 % pour atteindre presque 150 000 pour l'année 2008, alors que le taux standardisé sur l'âge de personnes hospitalisées a diminué de 2,5 % (Pérel et al. 2012). Ces données illustrent l'importante prévalence des affections de l'appareil cardiovasculaire en France.

Il existe un continuum entre les caractéristiques de l'environnement, le mode de vie, les facteurs de risque cardiovasculaire et l'apparition de pathologies cardiovasculaires (Figure 21). La prévalence de ces maladies est liée à des facteurs de prédisposition survenant très tôt au cours de la vie (développement de l'athérosclérose, installation progressive d'une surcharge pondérale, etc.), qui sont influencés par de nombreux facteurs liés au comportement (inactivité physique, habitudes alimentaires, etc.). C'est très probablement dans le domaine des maladies cardiovasculaires qu'on a pu démontrer de la manière la plus évidente le rôle important que pouvait jouer une politique efficace de prévention primaire afin de maîtriser l'extension d'une pathologie chronique dite « non-transmissible ». La promotion de l'activité physique (AP) est ainsi totalement intégrée dans la stratégie de maîtrise de l'extension des maladies « non-transmissibles », la sédentarité et l'inactivité étant des facteurs de risque connus de ces pathologies.

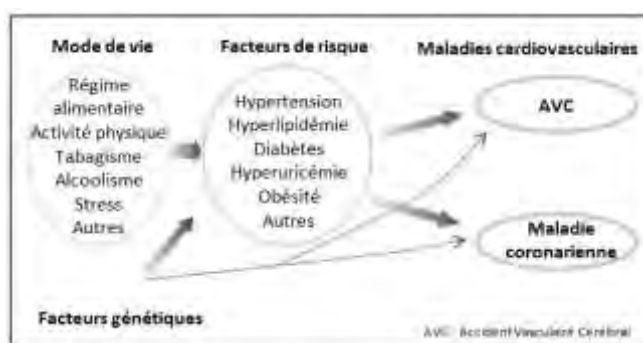


Figure 21. Progression schématisée du mode de vie vers les facteurs de risque et les maladies cardiovasculaires (d'après Kokubo 2012).

3.3.4.2 Relation entre activité physique et mortalité d'origine cardiovasculaire

En 2008, une méta-analyse des études de cohorte publiées entre 1992 et 2007 avec un suivi d'au moins 3 ans a montré une réduction du risque de 30 % de la mortalité par maladies cardiovasculaires chez les personnes (hommes et femmes) les plus actives comparées au moins actives (Nocon et al. 2008). Ces résultats ont été corroborés par des études ultérieures. Le suivi d'une cohorte de plus de 660 00 femmes âgées de 30 à 70 ans sur une période de 11 ans a permis d'évaluer le risque spécifique attribuable à l'inactivité (fraction attribuable dans la population, PAF) (Borch et al. 2011). Au cours de cette étude, la fraction de décès par maladie cardiovasculaire attribuable à un faible niveau d'AP (de 1 à 4 sur une échelle déclarative en 10 points) a été évaluée à 11,3 %. Cette estimation signifie que sur la population étudiée, l'élimination de l'état d'inactivité permettrait de réduire de 11,3 % les décès d'origine cardiovasculaire. Dans une autre étude, le suivi de plus de 6800 hommes et femmes âgés de 22 à 75 ans sur une période de 42 ans, a montré qu'un niveau élevé d'AP (classement des individus sur la base de 6 questions relatives à la pratique d'AP) était associé à une diminution de 34 % du risque de mortalité par maladies coronariennes ou par accidents vasculaires cérébraux, comparé à une absence ou à un niveau bas d'AP (Gulsvik et al. 2012).

Indépendamment de l'intensité, le volume quotidien d'AP permet aussi de diminuer le risque de mortalité cardiovasculaire. Ce risque est diminué de 20 à 60 % chez des sujets de plus de 40 ans pratiquant plus de 1 heure de marche par jour ou plus de 5 heures de sport par semaine par rapport à ceux ne pratiquant que 30 min de marche par jour ou une à deux heures de sport par semaine (Noda et al. 2005). Chez des sujets n'atteignant pas les recommandations minimales en AP, le simple fait de déclarer pratiquer 15 min d'AP d'intensité modérée par jour (ex. marche rapide), 6 jours par semaine, ou 90 min par semaine permet d'améliorer l'espérance de vie ; en effet, comparativement à des sujets ayant un très faible niveau d'activité hebdomadaire (moins de 3,75 METs-h/sem), ces sujets au faible niveau d'activité (entre 3,75 et 7,49 METs-h/sem) ont une réduction de 19 % du risque de mortalité par maladie cardiovasculaire (Wen et al. 2011).

Ces effets bénéfiques de l'AP sur la réduction de la mortalité sont retrouvés dans tous les groupes d'âge, indépendamment de l'âge à l'inclusion, et persistent tout au long du suivi. Cependant, lorsqu'il existe d'autres facteurs de risque (comme l'obésité), le risque de mortalité cardiovasculaire est réduit par la pratique de l'AP, mais pas autant que pour des sujets de poids corporel normal ayant le même niveau d'AP (Hu et al. 2004).

Quelques études ont évalué les poids respectifs des différents contextes d'AP (AP liée au travail, aux déplacements actifs et aux transports, aux activités domestiques, aux activités sportives et de loisirs) sur la mortalité d'origine cardiovasculaire. Le suivi pendant 18 ans d'une cohorte de plus de 4600 hommes et femmes âgés de 25 à 74 ans, a montré une réduction de 46 % de la mortalité pour l'AP liée au travail, de 50 % pour l'AP aux loisirs, de 20 % pour les AP domestiques, et de 25 % pour l'AP totale (Autenrieth et al. 2011) chez les sujets les plus actifs par rapport aux moins actifs. Enfin, une étude très récente réalisée sur plus de 17000 sujets âgés de 16 à 92 ans, a montré que l'AP de loisirs (niveau d'AP de loisirs auto-déclaré) permettait de diminuer de 21 % le risque de mortalité par maladies cardiovasculaires chez les femmes (Wanner et al. 2014). Au cours de cette étude, la pratique d'une activité sportive une à plusieurs fois par semaine était associée à une diminution de 21 à 18 % de la mortalité par maladies cardiovasculaires chez les hommes.

La marche étant une AP très répandue, facile à réaliser par tous, les relations dose-réponse entre la marche et la mortalité ont été évaluées. La réduction la plus importante du risque de mortalité par maladies cardiovasculaires est de 35 % et est observée chez les personnes qui marchent entre 1,8 et 3,6 METs-h par jour (équivalent à 5 h ou 28 km de marche rapide par semaine) (Williams 2013), ce qui est deux fois supérieur aux recommandations actuelles. Il y aurait donc des bénéfices importants pour la réduction de la mortalité à pratiquer une AP au-delà des recommandations actuelles.

La pratique régulière d'une AP d'intensité plus élevée que la marche, et facile à pratiquer comme la course à pied permet de réduire de 45 % la mortalité par maladies cardiovasculaires (Lee et al.

2014). Une réduction de 21 à 54 % de la mortalité est observée dès les faibles niveaux de pratique caractérisés par faibles distances de courses (< 10 km/semaine), pratiquées moins de 3 fois par semaine et à faible vitesse (< 10 km/h). Dans cette étude, l'augmentation du temps de maintien ou de la fréquence de cette activité d'intensité élevée à très élevée (> 6 METs) ne permet pas d'observer d'effet dose. Par ailleurs, l'incidence des morts subites est 2 fois plus élevée chez les non-coueurs que chez les coueurs (respectivement 1,5 et 0,7 cas /10000 personnes-années).

3.3.4.3 Prévention des pathologies cardio-vasculaires par l'activité physique

3.3.4.3.1 Expertise collective Inserm (2008)

AP et pathologie coronarienne

L'expertise collective Inserm (2008) a permis de proposer un état des connaissances des effets de l'AP sur la morbidité cardiovasculaire et la mortalité spécifique, ainsi que sur les principaux facteurs de risque impliqués dans les maladies cardiovasculaires.

En ce qui concerne la prévention primaire, l'Expertise collective Inserm (2008) retenait l'existence d'une relation inverse entre l'intensité de l'AP et l'incidence des maladies cardiovasculaires athéromateuses, ainsi que la relation directe entre le temps de sédentarité et l'incidence des pathologies cardiovasculaires (Taylor et al. 1962, Morris et al. 1980, Manson et al. 2002, Sundquist et al. 2005).

Plusieurs travaux précoces ayant démontré l'association inverse entre AP et risque cardiovasculaire méritent d'être rappelés ; ainsi sur une cohorte de plus de 16 000 sujets suivis sur une période de 16 ans, on a identifié une relation inverse entre le niveau habituel d'AP et l'apparition du premier épisode d'infarctus du myocarde (Paffenbarger et al. 1986). D'autres études épidémiologiques ont permis de démontrer que le risque relatif de survenue d'une coronaropathie variait de 0,45 à 0,75 chez des sujets (hommes ou femmes) présentant une dépense énergétique élevée liée à la pratique régulière d'AP, par rapport à des sujets à faible dépense énergétique (Lee et al. 2001, Manson et al. 1999, Morris et al. 1980). Evalué sur de grandes cohortes, le risque de survenue de coronaropathie est diminué de plus de 50 % chez des femmes qui pratiquent au moins une heure de marche par semaine (plus de 39000 femmes, Lee et al. 2001), comparativement à des femmes qui ne rapportent aucune activité de marche quantifiable. Une diminution de ce risque a été par ailleurs observée chez des femmes ayant une AP supérieure à 3 METs maintenue soit pendant 1 à 3,5 h/semaine (- 43 %), soit plus de 3,5 h/semaine (- 58 %) (Li et al. 2006). Une étude prospective conduite sur plus de 7300 sujets d'un âge moyen de 66 ans a permis de suggérer que le risque de pathologie coronarienne était autant amélioré par des exercices prolongés que par des exercices de courte durée (Lee et al. 2000).

L'Expertise collective Inserm (2008) permettait aussi de démontrer que même un faible niveau d'AP réduisait le risque de développer une pathologie cardiovasculaire par rapport à un état d'inactivité (Lee et al. 2001). Cependant, augmenter le temps consacré aux AP et leur intensité permettait de réduire d'autant le risque relatif de survenue de pathologie coronarienne (Tanasescu et al. 2002, Lee et al. 2000).

AP et accidents vasculaires

Les données publiées à l'époque étaient jugées moins abondantes, mais certains résultats mettaient déjà en évidence une réduction du risque d'AVC en lien avec la pratique régulière de l'AP. La pratique régulière de l'AP et la réduction du temps de sédentarité contribuent à corriger les variations de la pression artérielle, ainsi que le risque d'hypertension chez les sujets sains normotendus (Pescatello et al. 1991). Deux méta-analyses étaient prises en considération dans l'Expertise collective Inserm (2008), l'une suggérant une réduction de 20 et 27 % du risque relatif

d'accident vasculaire chez les sujets respectivement modérément et très actifs, comparativement aux sujets les moins actifs (Lee et al. 2003a) ; l'autre montrait une réduction de ce risque relatif de 20 à 40 % suivant l'intensité de l'AP quotidienne, à la fois au travail et pendant les loisirs (Wendel-Vos et al. 2004).

3.3.4.3.2 Données récentes

Relations entre pratique de l'AP et risque de pathologie coronarienne

Il n'existe pas d'étude randomisée suffisamment large qui ait pu mettre en évidence le rôle direct joué par l'AP régulière sur la prévention primaire de survenue de pathologies coronariennes ou cardiovasculaires, et ce principalement pour des raisons techniques et éthiques. Cependant, de nombreuses études d'observation sont venues enrichir les connaissances et confirmer les suggestions de relation évoquées dans l'Expertise collective Inserm (2008) ; ces données viennent confirmer les effets bénéfiques de l'AP sur la prévention de survenue de pathologies cardiovasculaires (Lavie et al. 2009). On a par exemple rapporté une diminution de la prévalence des coronaropathies chez les sujets qui ont une pratique régulière de l'AP, associée à une réduction des activités sédentaires (Blair et Morris 2009). Une méta-analyse incorporant 49 études et plus de 700 000 personnes a permis d'évaluer à 25-50 % la réduction du risque de survenue de pathologies d'origine cardiovasculaire avec la pratique régulière de l'AP (Warburton et al. 2010). Chez les femmes, cette diminution du risque de pathologie cardiovasculaire diminue de manière linéaire avec l'augmentation du niveau d'activité (Mora et al. 2007). Les effets protecteurs de l'AP contre les maladies cardiovasculaires sont peut-être plus importants chez les femmes que chez les hommes (chaque augmentation du niveau d'AP de 1 MET réduit de 17 % le risque de décès chez les femmes, et de 12 % chez les hommes) (Mora et al. 2003).

Enfin, une diminution du risque de 16 et 23 % a été constatée chez des hommes et femmes hypertendus pratiquant une AP de loisirs d'intensité modérée à élevée, évaluée sur la base de questionnaires ; de plus, les déplacements actifs (à pied ou en bicyclette) ont été associés à une réduction du risque de maladie des coronaires, mais uniquement chez les femmes hypertendues (Hu et al. 2007).

L'impossibilité d'établir une relation dose-effets simple à partir de ces études a justifié la publication récente d'une méta-analyse qui en considérant 21 études prospectives de cohortes, a montré que le risque de coronaropathie diminue de 15 et 21 % chez les hommes qui pratiquent des activités de loisirs d'intensités modérées (entre 3 et 6 METs) et élevées (supérieures à 6 METs), comparativement à des populations à faible activité (inférieure à 3 METs) (Li et Siegrist 2012). Chez les femmes, les réductions observées du risque de pathologie coronarienne étaient de 22 et 29 %. D'après cette méta-analyse, l'AP au travail aurait des effets protecteurs moins importants que l'AP de loisirs ; les auteurs n'observent qu'une réduction de 13 et 9 % chez les hommes qui ont une AP au travail d'intensité modérée (entre 3 et 6 METs) et élevée (supérieure à 6 METs), comparativement à des sujets ayant une faible activité (inférieure à 3 METs). Chez les femmes, le niveau de protection de l'AP au travail semble être meilleur, estimé à respectivement 25 et 20 %.

Activité physique et accidents vasculaires

L'inactivité est l'un des 5 facteurs de risque qui permettent de rendre compte à plus de 80% de la survenue d'un accident vasculaire (O'Donnell et al. 2010) ; l'hypertension artérielle étant le facteur de risque majeur (Lawes et al. 2004).

Une étude de suivi sur plus de 7 ans d'une cohorte de près de 42 000 sujets a permis de mettre en évidence une relation inverse entre le niveau de pratique régulière d'AP d'intensité modérée à élevée et le risque d'accident vasculaire (Williams 2009). Cette étude a permis d'estimer à 11 % la réduction du risque d'accident vasculaire par km couru par jour au cours de chaque séance d'entraînement. Les sujets (hommes et femmes) courant plus de 8 km/j ont réduit de 60 % leur

risque de faire un accident vasculaire, par rapport à des sujets courant moins de 2 km/j. Une autre étude a rapporté une association entre la pratique d'une AP d'intensité modérée à élevée et une diminution du risque chez l'homme (HR = 0,65 [0,44-0,98]) (Willey et al. 2009).

Les bénéfices de l'AP en prévention des accidents vasculaires ont été rapportés pour une pratique d'intensité modérée à élevée. Il est probable que la pratique d'activités de faible intensité ne prévienne pas de manière sensible la survenue d'un accident vasculaire (Lee et al. 1998, Willey et al. 2009).

Par ailleurs, beaucoup d'études prospectives n'ayant pas inclus de femmes, il n'est pas possible de confirmer les effets protecteurs de la pratique régulière de l'AP sur la prévention d'accidents vasculaires chez les femmes (Gallanagh et al. 2011).

Sédentarité et maladies cardiovasculaires

La première démonstration des effets spécifiques de la sédentarité sur la mortalité fût apportée par l'étude historique réalisée sur une cohorte de plus de 30 000 employés de la compagnie londonienne de transports en commun (Morris et al. 1953). Cette étude montrait alors pour la première fois que les conducteurs de bus qui passaient de nombreuses heures en position assise avaient une mortalité par maladie coronarienne 2 fois plus élevée que les contrôleurs qui adoptaient une position debout au sein des véhicules.

Depuis, de nombreux auteurs ont tenté de faire le lien entre différentes situations de sédentarité et la prévalence de maladies cardiovasculaires. Il est difficile de conclure à une relation forte entre le temps de sédentarité au poste de travail et la prévalence de maladies cardiovasculaires (van Uffelen et al. 2010). Cependant, il existe un consensus pour conclure que le temps total passé en position assise (au poste de travail comme pendant les loisirs), augmente le risque de maladies cardiovasculaires et la mortalité spécifique à ce type de pathologies (Ford and Caspersen 2012). Une étude de cohorte récente, sur 240 000 sujets de 50 à 70 ans suivis pendant plus de 8 ans, a montré une relation entre le temps passé devant un écran et la mortalité d'origine cardiovasculaire (Matthews et al. 2012). Le temps passé devant la télévision est associé à la mortalité d'origine cardiovasculaire, avec une augmentation de 85 % de cette mortalité chez ceux qui regardent la télévision plus de 7 h/j, comparativement à ceux qui passent moins d'1 h/j devant l'écran. Des résultats similaires ont été obtenus dans d'autres études (Ford and Caspersen 2012), après ajustement sur certains facteurs confondants comme l'âge, le tabagisme et l'AP.

Plus récemment, le suivi d'une cohorte de plus de 16 500 hommes et femmes sur 12 ans a permis de montrer que chez les personnes physiquement inactives (< 7,5 METs-h/semaine), le temps passé debout pendant les activités scolaires, domestiques ou de travail était inversement lié à la mortalité par maladie cardiovasculaire. Par rapport aux sujets étant le plus souvent assis, les auteurs estimaient à 21 % à 35 % la réduction du risque de mortalité par maladie cardiovasculaire chez ceux qui adoptaient la position debout pendant la plus grande partie de la journée (Katzmarzyk et al. 2013). La position debout semble donc être une alternative intéressante à la position assise, tout particulièrement chez les sujets inactifs ou peu actifs.

Enfin, le suivi récent d'une cohorte de plus de 50 000 sujets des deux sexes, d'un large éventail de tranches d'âge (de 25 à 74 ans), sur une période de 8,6 ans, a permis de mettre en évidence une augmentation de l'incidence de pathologies cardiovasculaires avec le temps total passé en position assise au cours d'une journée (étude FINRISK 2002, Borodulin et al. 2014). Après pondération par de nombreux facteurs confondants, tels que l'IMC, le tabagisme, les activités de loisirs pratiquées, la consommation d'alcool, les perturbations du profil lipidique, etc., le temps total passé par jour en position assise est associé à une augmentation de l'incidence de maladies cardiovasculaires (HR = 1,06, IC à 95 %, 1,01 à 1,11). Cette augmentation de l'incidence est retrouvée pour un temps total en position assise de plus de 4 h.

La question de l'élimination des effets secondaires propres à la sédentarité sur l'incidence de pathologies cardiovasculaires par la pratique régulière de l'AP s'est rapidement posée ; cette question a été particulièrement bien analysée sur une cohorte de plus de 90 000 femmes âgées de

50 à 79 ans, indemnes de toute pathologie cardiovasculaire à l'inclusion, et suivies sur une période de plus de 10 ans (Chomistek et al. 2013). Cette étude a permis de montrer que le temps de sédentarité (évalué par le temps passé par jour en position assise) augmentait l'incidence de pathologies cardiovasculaires, indépendamment du niveau d'AP. A l'exception des femmes les plus actives (activité quotidienne supérieure à 20 METs-h/semaine), le temps de sédentarité (jusqu'à plus de 10 h en position assise par jour) majore le risque de pathologie cardiovasculaire.

Ainsi, inactivité et sédentarité constituent deux facteurs de risques indépendants sur lesquels il est important d'agir afin de réduire la prévalence des pathologies cardiovasculaires. Seule une pratique élevée de l'AP est susceptible de minorer les effets de la sédentarité sur l'incidence de maladies cardiovasculaires (Chomistek et al. 2013).

Aptitude cardio-respiratoire et morbidité cardiovasculaire

La mise en relation de l'aptitude cardio-respiratoire individuelle avec le risque de pathologie cardiovasculaire permet une approche objective par des variables physiologiques représentatives du niveau d'AP, ce qui constitue une plus-value par rapport à l'approche purement déclarative des questionnaires utilisés dans les études prospectives de masse. Si on se réfère aux aptitudes cardio-respiratoires individuelles, il existe une relation inverse entre la consommation maximale d'oxygène ($VO_2\max$) et la mortalité d'origine cardiovasculaire, comme démontré sur une cohorte de plus de 32 000 personnes suivies sur une période de sept à huit ans (Blair et al. 1996). Pour chaque augmentation de 1 MET au cours d'une épreuve fonctionnelle d'évaluation de l'aptitude cardio-respiratoire, une réduction de 25 % du risque de survenue de pathologie cardiovasculaire a été observée (Roger et al. 1998), ainsi qu'une réduction de 15 % de la mortalité spécifiquement d'origine cardiovasculaire et de 13 % de la mortalité générale (Kodama et al. 2009). Chez des sujets de plus de 60 ans, ne présentant aucune pathologie évolutive décelable et suivis pendant 12 ans, on a pu établir une relation inverse entre le niveau d'aptitude cardio-respiratoire individuel et la mortalité toutes-causes confondues, indépendamment d'autres facteurs de risque (Sui et al. 2007). Ainsi, le risque de mortalité a été réduit de 75 % entre les 20 % de sujets ayant les valeurs les plus élevées de $VO_2\max$ et les 20 % ayant les valeurs les basses.

3.3.4.4 Mécanismes d'action de l'activité physique

Dans ce contexte, la pratique régulière de l'AP a des conséquences favorables importantes dans plusieurs domaines complémentaires qui permettent d'expliquer ses effets bénéfiques sur la prévention de survenue de pathologies cardiovasculaires. L'AP d'une part minimise les facteurs de risque connus de ces pathologies (Mora et al. 2007), et d'autre part a des effets bénéfiques directs sur les vaisseaux, leur fonction, mais aussi l'épaisseur de leur paroi (Thijssen et al. 2012), ainsi que sur la prévention des lésions liées aux séquences d'ischémie-reperfusion tissulaire (Powers et al. 2014).

3.3.4.4.1 Prévention des facteurs de risque

Comme nous l'avons exposé ci-dessus, l'AP réduit de manière très importante le risque de développer une maladie cardiovasculaire, dans des proportions similaires à l'absence de consommation de tabac (Wen and Wu 2012). La pratique régulière de l'AP permet de corriger un certain nombre de facteurs de risques connus, comme l'hypertension artérielle, les dyslipidémies, le diabète de type 2, etc. La contribution de l'AP afin de réduire l'impact de chacun de ces facteurs de risque est en général modeste ; en effet, la correction par l'AP de chacun de ces facteurs de risque pris individuellement ne permet que de réduire de 2 à 5 % le risque global de développer une maladie cardiovasculaire (Leon et al. 2001, Kraus et al. 2002, Fagard et al. 2001, Whelton et al. 2002, Thompson et al. 2001). D'autres facteurs de risque sur lesquels l'AP est susceptible d'exercer un effet bénéfique ont été identifiés plus récemment, comme l'inflammation de bas-grade, les troubles de l'hémostase, etc. L'AP régulière est maintenant reconnue comme ayant un

effet anti-inflammatoire qui se caractérise par une baisse de 20 à 30 % de la protéine C réactive circulante et de molécules d'adhésion vasculaires (Adamopoulos et al. 2001). Les mécanismes à l'origine de cet effet anti-inflammatoire de l'exercice restent mal expliqués, mais pourraient être directement liés à la correction du poids corporel, et à la baisse de cytokines athérogènes (Hamer 2006, Kasapis et al. 2005). La réduction de tous ces facteurs de risque par l'AP permet d'expliquer jusqu'à 59 % de la baisse du risque de développer une maladie cardiovasculaire (Mora et al. 2007). Les réductions de l'état inflammatoire de bas grade, de la pression artérielle et de l'altération du profil lipidique plasmatique par l'AP régulière permettent de rendre compte de respectivement 32, 27 et 19 % de la réduction observée du risque de survenue de maladie cardiovasculaire, et de 21, 15 et 13 % du risque de pathologie coronarienne (Mora et al. 2007).

3.3.4.4.2 Prévention du remodelage vasculaire

L'athérosclérose peut débuter très tôt dans la vie, par une altération de la fonction endothéliale suivie d'un remodelage de la paroi artérielle et la formation de plaques d'athérome. De très nombreuses études ont montré que l'épaisseur intima-media de la carotide constituait un facteur de risque important de survenue d'accident vasculaire cérébral (AVC), et ce indépendamment de tous les autres facteurs de risque (Bots et al. 1997, Hollander et al. 2002). La surveillance de l'épaisseur vasculaire est un bon argument pronostique de l'évolution de l'athérome et de la survenue de complications vasculaires. L'augmentation de l'épaisseur de la carotide de 0,1 mm est associée à une augmentation de 18 % du risque relatif de survenue d'un AVC, et de 15 % d'un infarctus du myocarde (Lorenz et al. 2007).

Les études sur de larges cohortes d'un effectif supérieur à 28 000 sujets ont montré une relation inverse entre le niveau d'AP régulier et l'épaisseur de la paroi de la carotide (Juonala et al. 2010, Nordstrom et al. 2003, Stensland-Bugge et al. 2001). Les résultats d'autres études épidémiologiques amènent des informations contradictoires dans la mesure où le suivi d'un programme d'entraînement n'est pas toujours associé à la réduction de l'épaisseur de la paroi des artères carotidiennes (Moreau et al. 2002, Popovic et al. 2010, Tanaka et al. 2002). Cependant, l'AP réduit le fibrinogène plasmatique et l'activité plaquettaire, phénomène associé à la réduction du risque d'accident vasculaire

La réduction de l'épaisseur de la paroi des artères carotides, associée à un faible risque d'athérome, est observée chez des sportifs s'entraînant de nombreuses heures par semaine à haute intensité (joueurs de squash) (Rowley et al. 2011). Ces résultats amènent à poser la question de l'influence de l'intensité de l'exercice sur la prévention du remodelage vasculaire. Par ailleurs, l'épaisseur des gros vaisseaux des membres inférieurs est réduite chez des femmes entraînées en endurance à la course (Moreau et al. 2002) et des joueurs de squash (Rowley et al. 2011), suggérant peut-être des effets locorégionaux de l'exercice physique répété sur le remodelage vasculaire, mais surtout des effets systémiques (Thijssen et al. 2012). Les effets de la pratique régulière de l'exercice sur le remodelage de la paroi artérielle sont également observés chez les sujets qui présentent des facteurs de risque cardiovasculaire (Thijssen et al. 2012).

Par ailleurs, le niveau de pratique de l'AP influence les caractéristiques mécaniques des parois artérielles ; c'est ainsi que chez des adolescents, la baisse du niveau d'AP est associée à une augmentation de la raideur de la paroi artérielle (Chen et al. 2012).

3.3.4.4.3 Prévention des lésions d'ischémie-reperfusion

La pratique régulière de l'exercice physique améliore la tolérance du tissu cardiaque aux lésions cellulaires induites par les séquences d'ischémie-reperfusion (Frasier et al. 2011, Kavazis 2009). La protection concerne toutes les conséquences de l'ischémie-reperfusion, c'est-à-dire les arythmies, la sidération myocardique (dysfonction contractile transitoire du myocarde) et les lésions ischémiques.

Cette cardioprotection évolue en 2 phases. L'une est rapide, liée directement aux effets aigus de l'exercice, n'excède pas 3 h ; elle est liée probablement à l'activation de systèmes antioxydants dépendants de la superoxyde dismutase (SOD) (Yamashita et al. 1999). L'autre phase de cardioprotection est plus efficace et bien plus prolongée dans le temps. Trois à cinq jours consécutifs d'exercice seulement peuvent induire une cardioprotection contre les lésions ischémiques (Demirel et al. 2001) ; celle-ci se renforce avec la répétition des exercices mais disparaît dès lors que l'AP est abandonnée (Lennon et al. 2004).

Les mécanismes moléculaires et cellulaires qui rendent compte de la cardioprotection liée à l'exercice sont complexes. Même si l'AP régulière permet d'augmenter le flux sanguin coronaire, la cardioprotection ne semble pas liée à une amélioration de la perfusion tissulaire (Powers et al. 2014). L'amélioration des capacités antioxydantes des cardiomyocytes est un des mécanismes qui permettent de rendre compte de la cardioprotection ; la pratique régulière de l'exercice augmente l'expression des deux isoformes de la SOD présentes dans la matrice mitochondriale (SOD1 et SOD2) (Frasier et al. 2011). De plus, l'augmentation de l'activité de la glutathion-réductase contribue à améliorer l'élimination du peroxyde d'hydrogène produit par l'inactivation des ions superoxydes.

Ce sont néanmoins les adaptations spécifiques de la fonction et du phénotype des mitochondries des cardiomyocytes qui jouent un rôle central pour expliquer la cardioprotection (Powers et al. 2014). On a montré sur modèle animal, que la pratique régulière de l'AP permettait d'améliorer les capacités des mitochondries à oxyder les acides gras et les acides aminés, ce qui permet de résister aux contraintes métaboliques induites par l'ischémie (Lofgren et al. 2010). De même, chez l'Homme, la pratique régulière de l'exercice permet d'augmenter l'expression de l'isoforme mitochondriale de la créatine kinase, adaptation qui permettrait une meilleure efficacité de la fourniture d'énergie par les cardiomyocytes (Zoll et al. 2003). Toutes ces modifications d'expression de protéines mitochondriales permettent de constituer un phénotype de prévention des lésions d'ischémie-reperfusion, capable d'assurer la survie du tissu cardiaque (Powers et al. 2014).

3.3.4.5 Caractéristiques de l'activité physique

3.3.4.5.1 Etat des recommandations générales en activité physique

L'analyse de la littérature scientifique existante a permis de parfaitement démontrer le rôle joué par l'AP régulière dans la prévention primaire de maladies cardiovasculaires et d'accidents vasculaires. Plusieurs rapports ont permis, à la suite de l'analyse fine des études scientifiques publiées, de proposer des recommandations de pratique de l'AP. C'est le cas de certains de ces rapports émanant de consensus proposés par des sociétés savantes ou groupes de travail (Haskell et al. 2007, Rapport du *Physical Activity Guidelines Advisory Committee* 2008, Perk et al. 2012) ; les conclusions de ces rapports ont permis de déterminer le niveau d'AP hebdomadaire optimal, assurant une réduction sensible et reproductible du risque de pathologies cardiovasculaires.

3.3.4.5.2 Recommandations pratiques

Les grandes conclusions de ces rapports permettent d'édicter les caractéristiques suivantes de l'AP :

- AP développant l'aptitude cardio-respiratoire et des activités de renforcement musculaire ;
- une pratique d'au moins 30 min par jour, et au mieux, de 45 à 60 min pour les activités développant l'aptitude cardio-respiratoire, fractionnée.

Le fractionnement de l'AP quotidienne est actuellement discuté ; si le fractionnement de l'AP n'influe pas les réponses cardio-respiratoires, les recommandations nord-américaines insistent sur

une durée minimale de 10 min pour chaque AP afin de réduire le risque de pathologie cardiovasculaire (Rapport du *Physical Activity Guidelines Advisory Committee* 2008). Cette question a récemment été réévaluée et une réduction marquée de certains facteurs de risque cardiovasculaire (baisse des triglycérides plasmatiques, de l'IMC, du tour de taille, hausse du HDL cholestérol) a été observée en association avec des durées de pratique inférieures à 10 min (Glazer et al. 2013). C'est pourquoi le fractionnement de la durée totale d'AP quotidienne en périodes courtes inférieures à 10 min pourrait également être bénéfique pour la réduction des facteurs de risque cardiovasculaires.

Une séance type de renforcement musculaire comporte :

- 8 à 10 exercices différents impliquant les membres supérieurs et inférieurs. Chaque exercice doit être répété 10 à 15 fois par série, et chaque série peut être répétée 2-3 fois ;

- les activités développant l'aptitude cardio-respiratoire (endurance aérobie) sont à répéter au minimum 5 jours par semaine, si possible tous les jours ;

- les activités de renforcement musculaire doivent être réalisées 2 à 3 fois par semaine, avec 1 à 2 jours de récupération entre chaque pratique ;

- pour les activités développant l'aptitude cardio-respiratoire, l'intensité doit être modérée. Les AP d'intensité élevée doivent néanmoins être introduites progressivement chez des sujets inactifs ou sédentaires. Des exercices d'intensité plus élevée et d'une durée inférieure à 10 min pourraient contribuer à réduire efficacement certains facteurs de risque cardiovasculaires (Glazer et al. 2013).

- les activités de renforcement musculaire doivent être d'intensité modérée afin de limiter les accidents musculaires.

Effets de l'activité et de la sédentarité sur le risque de pathologies cardiovasculaires

Activité physique et mortalité cardiovasculaire

- Il existe une relation inverse entre le niveau d'AP et la mortalité d'origine cardiovasculaire.
- Un niveau élevé d'AP permet de réduire de 30 % le risque de décès. La part attribuable à l'inactivité dans les décès d'origine cardiovasculaire a été évaluée à plus de 11 %.
- Un faible niveau d'AP (15 min d'AP d'intensité modérée par jour) permet de réduire de 20 % la mortalité d'origine cardiovasculaire, comparativement à celle de sujets très inactifs.
- Les effets protecteurs de l'activité physique sur la mortalité cardio-vasculaire sont minorés par la présence d'autres facteurs de risque cardiovasculaires.
- Les activités physiques de loisirs semblent avoir un effet protecteur plus marqué sur la réduction de la mortalité spécifique que les AP réalisées au travail, ou dans le cadre domestique.

Activité physique et morbidité cardiovasculaire

Pathologies coronariennes

- Une activité physique régulière permet de diminuer la prévalence et de l'incidence des coronaropathies.
- La réduction du risque varie de 20 à 50 % selon la quantité d'activité pratiquée et selon les études.

- La réduction du risque est observée chez les hommes et chez les femmes, avec parfois un niveau de protection plus marqué chez les femmes. Elle est aussi retrouvée chez des sujets présentant un facteur de risque comme l'hypertension artérielle.
- Les activités physiques de loisirs induiraient la réduction la plus marquée du risque de pathologie cardiovasculaire.

Accidents vasculaires

- Il existe une relation inverse entre le niveau de pratique régulière d'AP d'intensité modérée à élevée et le risque d'accident vasculaire. Une réduction du risque de 60 % a été montrée chez les sujets qui courent plus de 8 km/j comparés à celles qui courent moins de 2 km/j.
- Les bénéfices de l'AP en prévention des accidents vasculaires ont été rapportés pour une pratique d'intensité modérée à élevée. L'effet protecteur des activités physiques de faible intensité n'a pas été démontré.

Sédentarité

- Le temps total quotidien passé en position assise est associé à l'incidence des maladies cardiovasculaires.
- Plus de 7 h/j en position assise devant un écran de télévision augmentent de 85 % la mortalité d'origine cardiovasculaire, comparativement aux personnes qui passent moins d'1 h/j devant la télévision.
- Chez des sujets inactifs, le temps passé en position debout peut réduire jusqu'à 20-30 % le risque de décès d'origine cardiovasculaire.
- Seule une pratique d'AP d'intensité élevée serait susceptible de minorer les effets de la sédentarité sur l'incidence de maladies cardiovasculaires.

Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité

La prévention primaire des pathologies cardiovasculaires consiste à modifier durablement les conditions de vie considérées comme des facteurs de risque, dont la sédentarité, et à promouvoir la pratique de l'AP.

Il est actuellement recommandé de pratiquer des exercices développant l'aptitude cardio-respiratoire, 30 min/j, au minimum 5 j par semaine, d'intensité modérée ou de 15 min/j à intensité élevée.

Une fois atteint ce niveau de pratique, il est recommandé :

- de savoir dépasser le temps des exercices quotidiens développant l'aptitude cardiorespiratoire, en jouant surtout sur leur intensité ; les séances longues d'AP (marche, footing, vélo, etc.) peuvent être raccourcies en augmentant l'intensité de pratique, et un intégrant des phases de récupération ;

- d'associer 2 séances de renforcement musculaire par semaine.

3.3.5 Cancers

La prévention de la survenue des cancers représente un enjeu majeur de santé publique, dans lequel l'activité physique (AP) pourrait jouer un rôle important. Ce sont respectivement plus de 42 000 et 48 000 nouveaux cas de cancers du côlon et du sein qui ont été estimés en 2012 (INCa 2012).

La relation entre l'AP et l'apparition de cancers, toutes localisations confondues, a fait l'objet d'expertises collectives au niveau national (INSERM 2008) et international (World Cancer Research Fund and the American Institute for Cancer Research [WCRF-AICR] 2011) et a conduit à la publication de revues scientifiques récentes (Eheman et al. 2012, Wu et al. 2013). Les niveaux de preuve de la relation varient en fonction de la localisation du cancer. La synthèse récente a par ailleurs été réalisée par l'Institut National du Cancer en actualisant les connaissances des rapports du WCRF/AICR (2007) sur les liens entre l'AP et le risque de cancer (INCa 2015).

Ces études ont étudié l'effet protecteur de l'AP. Or, comme le soulignent Lynch et al. (2011) et Wu et al. (2013), ces revues sont limitées par les méthodes de mesure de l'AP. Des questionnaires ont le plus souvent été utilisés, mesurant l'AP pendant toute la vie, d'autres n'utilisent qu'une seule question, d'où une très grande hétérogénéité des méthodes de recueil de l'AP. En outre, l'AP de faible intensité n'est pas considérée dans les études, or c'est l'intensité à laquelle la plupart des activités de la vie courante sont pratiquées. L'avenir sera l'utilisation de méthodes de mesure objectives de l'AP, à la condition que ces méthodes aient été validées, ce qui n'est pas actuellement le cas. Au-delà des effets de l'AP, se pose la question de l'effet de la sédentarité sur le risque de cancer.

3.3.5.1 Effet de l'activité physique sur le risque de cancer du côlon et du rectum

3.3.5.1.1 Cancer du côlon

Les conclusions de l'Expertise collective Inserm (2008) ont été confirmées par les données récentes : l'AP est associée de façon convaincante à une diminution du risque de cancer du côlon (World Cancer Research Fund and the American Institute for Cancer Research 2011, Boyle et al. 2012). La méta-analyse de Wolin et al. (2009), portant sur 52 études, a montré que la survenue de cancer du côlon est en moyenne diminuée de 25 % chez les sujets les plus actifs par rapport aux moins actifs (études cas-témoins et cohortes).

L'effet de l'AP varierait peu en fonction de la localisation du cancer colique : la méta-analyse de Boyle et al. a mis en évidence, chez les sujets plus actifs comparés aux moins actifs, un risque relatif diminué de 27 % pour le côlon proximal (RR = 0,73, IC_{95%} = [0,66-0,81]) et de 26 % pour le côlon distal (RR = 0,74, IC_{95%} = [0,68-0,80]) (Boyle et al. 2012). Cette méta-analyse rassemblait 21 études et présentait une faible hétérogénéité. Ces effets ont été observés sur les études cas-témoins et sur les études de cohortes. Dans cette méta-analyse, le niveau d'AP exprimé en MET-h/sem n'est toutefois pas rapporté.

Cette réduction du risque de cancer du côlon, estimée à environ 22 %, serait équivalente pour l'AP professionnelle, de loisirs (Boyle et al. 2012, Friedenreich 2010) et domestique (Boyle et al. 2012). En ce sens, le WCRF-AICR (2011) a considéré que cette réduction de risque est valable quel que soit le type d'AP pratiqué, ce qui inclut aussi l'AP liée aux transports.

Pour une augmentation de 30 min/j de l'AP de loisirs, la diminution du risque de cancer du côlon a été estimée à 12 % (WCRF-AICR 2011). Un effet dose-réponse a été rapporté (Wolin et al. 2009) : plus le niveau d'AP augmente, plus le risque du cancer du côlon diminue.

En 2008 en France, la fraction de cancers du côlon attribuable à une quantité d'AP insuffisante, c'est-à-dire inférieure à 150 min/sem d'AP (estimation par la « fraction attribuable à une population ») a été estimée à 18 % pour les hommes, et 20 % pour les femmes, soit respectivement 3 750 et 3 734 cas de cancers du côlon (Friedenreich 2010).

Quelle activité physique en prévention du cancer du côlon ?

Concernant la période optimale de pratique de l'AP pour maximaliser ses effets protecteurs, une pratique régulière tout au long de la vie est préconisée. Quant à la quantité, 30 à 60 minutes par jour d'APME semblent suffisantes pour réduire le risque de cancer du côlon, que cette AP soit réalisée dans le domaine professionnel, lors des déplacements, dans la vie domestique ou au cours des loisirs (Friedenreich et al. 2006, Friedenreich et al. 2010, Wolin et al. 2009, WCRF 2011).

Caractéristiques de la population

L'effet protecteur de l'AP serait indépendant de l'IMC : la réduction du risque est également observée dans les populations en surpoids et chez les sujets obèses sans différence entre les sexes (Wolin et al. 2009, Boyle et al. 2012). Par ailleurs, l'effet de l'AP semble indépendant de l'alimentation (Slattery and Potter 2002, ANSES 2011).

3.3.5.1.2 Cancer du rectum

Les conclusions de l'Expertise collective Inserm (2008) ont également été corroborées par les nouvelles données : l'effet protecteur de l'AP pour le cancer du côlon n'a pas été retrouvé pour le cancer du rectum (WCRF-AICR 2011).

Les données récentes ont confirmé les conclusions de l'Expertise collective Inserm (2008) : l'activité physique est associée de façon convaincante à une diminution du risque des cancers du côlon (WCRF 2011, Boyle et al. 2012, Wolin et al. 2009). Les études ont montré un effet de l'AP quel que soit le contexte de pratique : AP professionnelle et de loisirs, domestique et liée aux transports (Boyle et al. 2012, Friedenreich 2010, WCRF-AICR 2011). Un effet dose a été rapporté : plus la pratique augmente, plus le risque diminue.

Une pratique tout au long de la vie est préconisée, entre 30 et 60 minutes par jour d'APME (Friedenreich et al. 2006, Friedenreich et al. 2010, Wolin et al. 2009, CUP 2011). La réduction du risque a également été observée dans les populations en surpoids et obèses (Wolin et al. 2009, Boyle et al. 2012).

Concernant le cancer du rectum, l'effet protecteur de l'activité physique n'a pas été retrouvé (WCRF-AICR 2011).

3.3.5.2 Effet de l'activité physique sur le risque de cancer du sein

En 2008, l'Expertise collective Inserm a conclu que l'effet protecteur de l'AP en prévention du cancer du sein est probable chez les femmes ménopausées et limité chez les femmes non ménopausées. Ces résultats ont été confirmés par le WCRF-AICR (CUP 2011) qui a spécifié que l'évidence scientifique sur l'effet bénéfique de l'AP sur la prévention du cancer du sein est de type « probable » chez les femmes ménopausées et « limitée » chez les femmes non ménopausées.

La revue de Lynch et al. (2011) a porté sur 73 études (33 études de cohortes et 40 études cas-témoins). L'analyse n'a pas tenu compte du statut ménopausique. Cette revue a montré que le risque de survenue d'un cancer du sein est diminué en moyenne de 25 % chez les femmes les plus actives comparées aux moins actives. Cette diminution a été confirmée et précisée par la méta-analyse de Wu et al. (2013), qui a rapporté une diminution du risque toutefois moindre, égale à 12 % [IC = 0,85 - 0,91] chez les femmes ayant le plus haut niveau d'activité physique (<1,5 h/sem d'AP de loisirs d'intensité modérée à élevée pour les femmes les moins actives contre ≥ 9,5 h/sem d'AP de loisirs d'intensité modérée à élevée pour les plus actives). Cette méta-analyse a considéré uniquement des études prospectives (31 études, 63 786 cas de cancer du sein, faible

hétérogénéité : $I^2 = 25,9 \%$). Les auteurs n'ont pas observé de modification de l'association dans un modèle ajusté sur l'âge ($RR = 0,85$, $IC_{95\%} = [0,79 - 0,90]$), ni dans un modèle ajusté pour l'IMC ($RR = 0,88$, $IC_{95\%} = [0,85 - 0,91]$).

Concernant la présence ou non de récepteurs hormonaux sur la tumeur, la méta-analyse de Wu (2013) rejoint les résultats antérieurs, qui montrent que l'effet préventif de l'AP est efficace quel que soit le statut en récepteurs de la tumeur : le bénéfice de l'AP apparaît sur le risque de cancer exprimant des récepteurs hormonaux de type estrogène ou progestérone (RE+/RP+) ou pas de récepteur (RE-/RP-), avec cependant une association plus forte en l'absence de récepteur (RE-/RP-) : $RR = 0,80$ ($IC_{95\%} = [0,73-0,87]$) contre $RR = 0,92$ ($IC_{95\%} = [0,87-0,98]$) avec récepteurs hormonaux (RE+/RP+).

Un effet dose-réponse a été mis en évidence (Lynch et al. 2011, Wu et al.2013). Ainsi, le risque de cancer du sein était diminué de 2 % pour chaque augmentation de 25 METs-h/sem d'AP non liée au travail ($RR = 0,98$, $IC_{95\%} = [0,97 - 0,99]$, $p < 0,001$), ce qui correspond approximativement à 10 h/sem d'activités domestiques telles que faire la vaisselle ou cuisiner. Le risque était diminué de 3 % pour chaque augmentation de 10 METs-h/sem d'AP de loisirs ($RR = 0,97$, $IC_{95\%} = [0,95 - 0,98]$, $p < 0,001$), ce qui correspond approximativement à 4 h/sem de marche à 3,5 km/h ou 1 h de jogging à 10,5-11km/h). Le risque était également diminué de 5 % pour chaque augmentation de 2 h/sem d'AP de loisirs d'intensité modérée à élevée ($RR = 0,95$, $IC_{95\%} = [0,93-0,97]$, $p < 0,001$), ce qui correspond approximativement à 4 h/sem de marche à 3,5 km/h.

Une réduction du risque a été rapportée chez les femmes les plus actives comparées aux moins actives, quel que soit le type d'activité : AP de loisirs et domestiques (13 à 21 %), AP liées aux transports actifs telles que marche et vélo (18 %) et AP dans le cadre professionnel (10 à 13 %) (Wu 2013, Lynch 2011).

En 2008 en France, la fraction de cancers attribuables au manque d'AP a été estimée à 21 % chez les femmes, soit 10 791 cas de cancers (Friedenreich 2011).

3.3.5.2.1 Caractéristiques de la population

Dans la revue de Lynch et al. une association inverse a été rapportée entre l'AP et le risque de cancer du sein, quel que soit l'IMC, sauf en cas d'obésité. Ainsi, le risque moyen est réduit de 27% pour un IMC < 22 kg/m², de 24 % pour un IMC compris entre 22 et 25 kg/m², de 18 % pour un IMC compris entre 25 et 30 kg/m², contre moins d'1 % pour un IMC > 30 kg/m² (Lynch et al. 2011). Pour Wu et al. (2013), l'association a été observée quel que soit l'IMC. L'association était toutefois plus forte chez les femmes ayant un IMC < 25 kg/m² ($RR = 0,72$, $IC_{95\%} = [0,65-0,81]$, $I^2 = 0,00 \%$).

Dans ces études, cet effet protecteur de l'AP a été observé quelle que soit l'ethnicité, l'histoire familiale de cancer et la parité.

3.3.5.2.2 Caractéristiques de l'activité physique

Les études ont montré qu'au moins 3 à 4 h par semaine d'AP d'intensité modérée à élevée seraient nécessaires pour diminuer le risque de cancer du sein, que cette AP soit réalisée dans le domaine professionnel, lors des déplacements, dans les activités domestiques ou au cours des loisirs (Holmes et al. 2005, Lee et al. 2003b, Lynch et al. 2011, Monninkhof et al. 2007, Tehard et al. 2006, Wu et al. 2013). En outre, chez les femmes ménopausées, chaque augmentation de deux heures d'AP hebdomadaire permet de diminuer de 10 % le risque de développer un cancer du sein. Cela montre que le volume total d'AP est un critère essentiel à considérer dans la prévention (CUP 2011).

Quand pratiquer ?

En 2008, l'Expertise collective Inserm considérait la pratique d'une AP tout au long de la vie comme le moyen le plus adapté pour la prévention du cancer du sein.

La méta-analyse de Wu et al. (2013) a montré que l'AP exerçait un effet préventif tout au long de la vie (avant 25 ans, de 25 à 50 ans et après 50 ans). Toutefois, à l'encontre de précédentes conclusions (WCRF-AICR 2011), cette méta-analyse a mis en évidence un effet de l'AP plus marqué en prévention du cancer du sein en pré-ménopause (RR = 0,77, IC_{95%} = [0,72-0,84] contre RR = 0,88, IC_{95%} = [0,84–0,92] pour les cancers survenant après la ménopause).

En conclusion, chez les femmes les plus actives, le risque relatif de développer un cancer du sein est diminué de 10 à 27 %, en fonction des populations et des types d'activité. Cet effet est considéré avec un niveau de preuve probable chez les femmes qu'elles soient ménopausées ou non. La quantité d'AP nécessaire pour obtenir cet effet protecteur semble être de 30 à 60 minutes par jour d'activité physique d'intensité modérée à élevée.

3.3.5.3 Association entre activité physique et prévention primaire d'autres localisations de cancers

Il existe d'autres cancers pour lesquels des publications ont mis en évidence un rôle protecteur de l'AP (Eheman et al. 2012). En ce qui concerne l'endomètre, lors de sa mise à jour en 2013, le WCRF confirmait le rôle protecteur de l'AP avec un niveau de preuve probable. Ainsi, quand on compare les femmes les plus actives aux femmes les moins actives, le risque de cancer de l'endomètre est diminué de 27 % chez les femmes les plus actives (WCRF 2014). Les mêmes résultats ont été retrouvés dans la méta-analyse de Moore et al. (2010) (RR = 0,73, IC_{95%} = [0,58-0,93]). Dans toutes ces méta-analyses, incluant WCRF, il n'est pas précisé le niveau d'AP correspondant à ces seuils. La méta-analyse publiée récemment par Keum et al. (2014) a été réalisée dans cet objectif : l'analyse de 20 études observationnelles (10 études cas-contrôles et 10 études de cohortes) permet de montrer que le risque de cancer l'endomètre diminue de 2 % pour chaque augmentation de 3 METs-h/sem d'AP de loisir (RR = 0,98, IC_{95%} = [0,95-1,00], p = 0,02) et que chaque augmentation d'1 h/sem d'AP de loisir est associée à une diminution de 5% du risque de développer un cancer l'endomètre (RR = 0,95, IC_{95%} = [0,93 à 0,98], p > 0,001) avec un effet dose-réponse linéaire pour des quantités des d'AP de loisir allant de 0 à 50 METs-h/semaine et des durées allant de 0 à 15 h/sem. Ainsi, pour une femme ayant une AP selon les recommandations internationales (150 min par semaine), le risque de développer un cancer l'endomètre serait diminué de 8 %. Les effets de l'AP persistent après ajustement sur l'IMC.

Pour le cancer du poumon, la méta-analyse de Sun et al. (2012) apporte des éléments en faveur d'un rôle protecteur « probable » de l'AP (niveau d'évidence remonté de « suggestif à probable »). Ainsi, par rapport au groupe de référence avec un faible niveau d'AP, on a, pour le groupe avec un haut niveau d'AP : RR = 0,77 (IC_{95%} = [0,73-0,81], p < 0,001) et pour le groupe avec un niveau médian d'AP : RR = 0,87 (IC_{95%} = [0,83-0,90], p < 0,001).

Par ailleurs, l'Institut national du cancer, actualisant les données les plus récentes des différents rapports du WCRF, concluait que les données étaient insuffisantes pour conclure quant au rôle de l'AP en prévention des cancers de la prostate, des ovaires, du pancréas et du rein (INCa 2015).

3.3.5.4 Mécanismes d'action de l'activité physique

Les mécanismes par lesquels l'excès de poids pourrait favoriser l'apparition du cancer du sein ou du colon sont multiples (Inserm 2008). Ils s'expliquent, entre autres, par leurs effets sur la diminution ou la moindre prise de poids et donc de masse grasse. Ces effets sur la diminution de la masse grasse ont été bien démontrés y compris sur les sujets de poids normal. Ces effets pourraient également s'expliquer par les variations des concentrations des hormones endogènes (insuline, IGFs (Insulin-like growth factors) et hormones sexuelles) qui pourraient modifier la l'équilibre entre prolifération cellulaire et apoptose (Renehan et al. 2008). Par ailleurs,

indépendamment des variations de masse grasse, l'AP régulière diminue l'insulinémie (pour une même glycémie) par augmentation de la sensibilité à l'insuline, l'insuline stimulant la synthèse d'IGF-I (Barnard et al. 2003).

Pour le cancer du sein, le rôle de l'AP régulière pourrait s'expliquer par la diminution de la production endogène des estrogènes et par l'augmentation de la SHBG (sex hormone-binding globuline), dont la production hépatique est inhibée par l'insuline et l'IGF-1 et stimulée par l'estradiol et la testostérone (Barnard et al. 2003, Winzer 2011). La SHBG lie ces hormones et diminue leur fraction libre c'est-à-dire biologiquement active. Néanmoins, les effets de l'AP sur la SHBG dépendent aussi de la prise alimentaire et sont parfois confondus avec les effets de l'exercice (Longcope et al. 2000).

Pour le cancer du côlon, en plus des effets systémiques de l'AP, un autre mécanisme à effet local a été proposé pour expliquer les effets protecteurs de l'AP régulière sur la survenue de ce cancer : l'augmentation de la motilité intestinale. En effet, l'AP induit une réduction du temps de transit gastro-intestinal et donc une diminution de l'opportunité pour les cancérigènes d'être en contact avec la muqueuse colique et le contenu fécal (Friedenreich et al. 2006).

D'autres mécanismes biologiques ont été proposés (diminution du stress oxydatif, effets sur l'immunité, diminution de la micro-inflammation) (Winzer 2011). Il est évident que les effets bénéfiques de l'AP sont dépendants de mécanismes multiples et intriqués. Néanmoins, les niveaux d'évidence scientifique pour chacun d'entre eux est encore bas et des recherches sont nécessaires pour déterminer quels sont les mécanismes opérant pour chaque type de cancer.

3.3.5.5 Effet de la sédentarité sur le risque de cancer

La publication récente de la méta-analyse de Schmid et Leitzmann (2014) démontre les relations épidémiologiques existant entre incidence de cancers site-spécifiques et temps de sédentarité (différents domaines de la sédentarité ont été explorés par questionnaires : temps passé devant la TV, temps assis pendant les loisirs, pendant le travail et temps de sédentarité total). L'analyse a porté sur 43 études observationnelles incluant au total 68 936 cas de cancers. Les résultats mettent en évidence qu'un temps assis prolongé devant la TV ou toute autre activité sédentaire est associé avec un risque significativement augmenté de cancer du côlon et de cancer de l'endomètre (comparaison entre les sujets ayant le temps le plus long vs le plus court : cancer du côlon RR = 1,54 (IC_{95%} = [1,19-1,98]) pour le temps passé devant la TV, RR = 1,24 (IC_{95%} = [1,09-1,41]) pour le temps assis pendant le travail et RR = 1,24 (IC_{95%} = [1,03-1,50]) pour le temps de sédentarité total ; cancer de l'endomètre : RR = 1,66 (IC_{95%} = [1,21-2,28]) pour le temps passé devant la télévision, RR = 1,32 (IC_{95%} = [1,08-1,61]) pour le temps de sédentarité total). Toute augmentation de 2 h/j du temps de sédentarité est associée à une augmentation statistique significative de 8 % du risque de cancer du côlon et de 10 % du risque de cancer de l'endomètre ; par contre, les autres associations entre le comportement sédentaire et le risque de cancer sont nulles pour les cancers du sein, des ovaires, de la prostate, de l'estomac, de l'œsophage, des testicules, des reins et des lymphomes non-Hodgkiniens. Ces associations persistent après ajustement pour l'IMC et l'AP, les recommandations pour la prévention du risque de cancer doivent donc à la fois porter sur l'AP et sur la réduction du temps de sédentarité.

Il manque encore des études d'intervention ayant étudié les relations entre le temps de sédentarité et le risque de développer un cancer du côlon ou un cancer du sein. Il n'y a pas de relation directe démontrée entre sédentarité et cancer du sein. Plusieurs études ayant utilisé une mesure objective de l'AP (accéléromètre) ont montré que le temps total de sédentarité était négativement associé au tour de taille, à la concentration plasmatique de triglycérides et d'insuline et à la glycémie (Balkau et al. 2008, Ekelund et al. 2007, Healy et al. 2008b). Ces résultats ont été confirmés sur la cohorte américaine NHANES (Healy et al. 2011b) sur une population multi-ethnique ($n = 4757$). Healy et al. (2011a) ont retrouvé les mêmes résultats tout en montrant que les effets de la sédentarité sont indépendants du niveau d'AP, les plus fortes associations étant retrouvées pour les triglycérides et les marqueurs d'insulinorésistance. Il existe aussi une association entre sédentarité et CRP (protéine C réactive), marqueur de l'inflammation.

Sachant que l'obésité et l'obésité abdominale sont toutes les deux des facteurs majeurs dans l'initiation et le développement des cancers du sein et du côlon, la sédentarité pourrait être considérée comme contribuant indirectement à l'augmentation du risque de ces cancers.

3.3.5.6 Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité

Caractéristiques de l'AP :

- au moins 30 minutes quotidiennes d' l'AP d'intensité modérée ou de 20 minutes pour l'AP d'intensité élevée, au moins 3 fois par semaine ;
- intensité : modérée à élevée ;
- tous types d'AP : professionnelle, lors des déplacements, dans la vie domestique ou au cours des loisirs (activités sportives, jardinage, etc.) ;
- pratique régulière tout au long de la vie : les études n'ont pas permis de définir de période optimale de pratique de l'AP maximisant son effet protecteur.

Caractéristiques de la sédentarité :

- Limiter le temps de sédentarité : il n'est actuellement pas possible de définir une durée totale quotidienne à ne pas dépasser.

Effets de l'activité physique et de la sédentarité sur le risque de cancers

Activité physique

Cancer du côlon et du rectum

- Les données récentes ont conforté les conclusions de l'Expertise collective Inserm (2008) : l'activité physique est associée de façon convaincante à une diminution du risque de cancer du côlon.
- En 2008, 18 % pour les hommes, et 20 % pour les femmes des cancers du côlon ont été attribué au manque d'activité physique.
- Le risque de développer un cancer du côlon est diminué de 22 à 27 % chez les personnes les plus actives comparées aux moins actives.
- L'effet protecteur de l'AP est indépendant de l'IMC.
- L'effet protecteur de l'AP n'est pas retrouvé pour le cancer du rectum.

Cancer du sein

- Les données récentes ont renforcé les conclusions de l'Expertise collective Inserm (2008) : le niveau de preuve scientifique sur le bénéfice de l'activité physique sur la prévention du cancer du sein est de type « probable » chez les femmes ménopausées ou non.
- Le risque relatif de développer un cancer du sein est diminué de 10 à 27 % chez les femmes plus actives comparées aux moins actives.
- L'effet protecteur de l'AP n'est pas observé en cas d'obésité.

Autres localisations de cancers

- Il est probable que l'activité physique joue un rôle protecteur sur la survenue des cancers du poumon et de l'endomètre.
- Pour les autres localisations de cancer, les données insuffisantes pour conclure (prostate, ovaires, pancréas, rein).

Sédentarité

- Les relations entre la sédentarité et le risque de cancer n'ont pas été démontrées. Les données disponibles suggèrent cependant que la sédentarité favorise la survenue du cancer de l'endomètre.
- La sédentarité pourrait avoir un effet indirect en favorisant l'obésité et l'obésité abdominale, deux facteurs de risque majeurs dans l'initiation et le développement du cancer du sein et du côlon.

Caractéristiques de l'AP et de la sédentarité en prévention primaire des cancers

- Durée et fréquence : au minimum 30 minutes quotidiennes pour l'AP d'intensité modérée ou au minimum 20 minutes 3 fois par semaine pour l'AP d'intensité élevée
- Intensité : activité physique d'intensité modérée à élevée.
- Type : AP professionnelle, déplacements actifs ou AP de loisirs.
- Pratiquer tout au long de la vie.
- Limiter le temps de sédentarité.

3.3.6 Maladies respiratoires

Peu de travaux ont étudié le rôle joué par l'activité physique (AP) régulière sur la prévention primaire de pathologies respiratoires, au premier rang desquelles il convient de placer la broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO). Ce constat avait déjà été réalisé par les auteurs de l'Expertise collective Inserm (2008) et peut être reconduit en l'état quelques années après. En effet, les publications les plus récentes insistent tout particulièrement sur l'intérêt de l'AP en prévention tertiaire, ou sur le rôle de toxiques environnementaux, du tabac et du cannabis sur l'incidence des BPCO.

3.3.6.1 Broncho-pneumopathie chronique obstructive

La Broncho-Pneumopathie Chronique Obstructive (BPCO) se définit comme une maladie chronique inflammatoire, lentement progressive atteignant les bronches. Cette affection est caractérisée à terme, par une diminution non complètement réversible des débits aériens. Cette maladie reste longtemps asymptomatique, débute par une toux banale, une expectoration matinale et évolue progressivement vers une dyspnée, d'abord d'effort, puis de repos. Les décompensations respiratoires sont fréquentes, pouvant entraîner une insuffisance respiratoire aiguë engageant le pronostic vital. Plusieurs stades de gravité de la maladie sont décrits en fonction de la sévérité des signes cliniques et de l'importance des anomalies des épreuves fonctionnelles respiratoires.

Dans plus de 80 % des cas, le tabac est le principal responsable de cette pathologie. Dans 20 % des cas, l'exposition professionnelle est en cause (industrie sidérurgique, textile, extraction minière, secteur agricole, etc.). L'arrêt de l'exposition aux risques permet la stabilisation de la maladie et la récupération d'une partie des fonctions respiratoires altérées.

Dans le monde, la BPCO est en augmentation constante depuis 20 ans avec plus de 44 millions de malades, soit 4 à 10 % de la population adulte suivant les pays. En France, les études de prévalence de cette maladie sont peu nombreuses mais cette pathologie semble atteindre entre 3,5 et 7,5 % de la population adulte (Roche et al. 2007). Une enquête européenne de 2004 a rapporté une prévalence de 1,5 % du stade ¹⁹ de cette maladie en France pour une classe d'âge de 20 à 44 ans, ce qui constitue un des taux les plus faibles en Europe. La mortalité par BPCO dans le monde devrait doubler en 2020 par rapport à 1990 et devenir la 3^{ème} cause de mortalité, principalement en raison de l'augmentation du tabagisme, notamment chez les femmes. En France, la mortalité augmente régulièrement depuis 20 ans, avec actuellement une moyenne de 16 000 décès par an (Programme d'actions en faveur de la BPCO 2003).

Le coût direct de cette maladie est estimé à 3,5 milliards d'euros par an dont 60 % sont liés aux épisodes aigus (exacerbations) et 40 % au suivi au long cours de la pathologie. Les dépenses de santé sont fonction de la sévérité de la maladie. Le coût moyen de la prise en charge d'une BPCO est estimé à 4000 € par malade et par an (Programme d'actions en faveur de la BPCO 2003).

3.3.6.1.1 Effets de l'activité physique sur le risque de broncho-pneumopathie chronique obstructive

Une étude portant sur plus de 15 000 individus a mis en évidence une corrélation positive entre le niveau d'AP et le volume expiratoire maximum par seconde (VEMS), marqueur de la fonction pulmonaire (Jakes et al. 2002). Au cours de cette étude, une évaluation de l'AP a été réalisée par questionnaires (nombre d'étages gravis par jour, temps hebdomadaire passé dans des activités d'intensité élevées (6 et 9 METs) et temps de sédentarité (temps passé devant la télévision). Quel que soit le sexe, une corrélation positive a été retrouvée entre d'une part le VEMS et d'autre part le nombre d'étages gravis par jour et le volume quotidien d'activités d'intensité élevées (Jakes et al. 2002). Les sujets qui pratiquent des activités d'intensité élevée présentent une altération moins marquée au fil des années du VEMS, que les sujets inactifs. On fait le même constat chez les sujets qui ont pour habitude d'utiliser régulièrement les escaliers, comparativement à ceux qui restent inactifs. Cependant, la durée relativement courte du suivi (3,7 ans en moyenne) pénalise la valeur des résultats de cette étude. Une étude d'observation, réalisée sur 25 ans, a également montré une relation inverse entre le niveau d'AP et l'altération du VEMS liée à l'avancée en âge (Pelkonen et al. 2003). La baisse annuelle de cette variable respiratoire était de 10 ml plus faible chez les sujets qui étaient classés dans le tertile des AP les plus élevées, comparativement aux sujets classés dans le tertile des sujets les moins actifs. Par ailleurs, l'effet favorable de l'AP sur le maintien du VEMS avec l'avancée en âge était observé chez les sujets non-fumeurs comme chez les fumeurs. Cependant, dans cette étude, la grande majorité des sujets avait un niveau d'AP relativement élevé, ce qui pénalise son transfert sans réserve à une population générale. Une troisième étude a permis de montrer que la pratique d'une AP programmée sur 19 mois permettait d'améliorer le VEMS et la capacité vitale forcée (CVF), comparativement à un groupe sédentaire qui voyait ces variables respiratoires décliner (Cheng et al. 2003). Dans ces études, les autres facteurs de risque d'altération de la fonction respiratoire n'ont pas été pris en compte.

On ne retrouve finalement qu'une seule étude probante, déjà évoquée dans l'Expertise collective Inserm (2008), qui a évalué le rôle joué par l'AP sur la prévention de l'altération de la fonction respiratoire et le risque d'apparition de BPCO (Garcia-Aymerich et al. 2007). Cette étude a permis de suivre une cohorte de près de 7000 sujets pendant 10 ans, fumeurs ou non-fumeurs. Pour l'ensemble de la cohorte, le niveau d'AP évalué par questionnaire était pour 9 % des sujets de niveau très faible (temps de sédentarité long et absence d'exercices physiques ou de pratique sportive), pour 12 % de niveau faible (majorité d'activités d'une intensité inférieure à 3 MET, moins de 2 h/semaine), pour 46 % de niveau modéré (2 à 4 h/sem d'AP de faible intensité, comprises

¹⁹ VEMS \geq 80 %, avec ou sans symptômes chroniques (toux, expectoration)

entre 1,6 et 3 METs) et pour 33 % de niveau considéré comme d'intensité élevée (plus de 4 h/sem d'AP de faible intensité, ou la pratique d'activités de loisir d'intensité modérée à élevée). Cette étude a conclu que le niveau d'altération du VEMS (évalué par année) était plus élevé chez les sujets au faible niveau d'AP comparativement aux autres groupes. Un modèle de multi-régression prenant en considération de nombreuses covariables (consommation de tabac, d'alcool, existence d'un diabète, etc.) permettait de montrer que la pratique régulière d'une AP d'intensité modérée à élevée minimisait l'altération du VEMS liée à l'avancée en âge mais uniquement chez les sujets fumeurs. De plus, les sujets actifs (AP d'intensité modérée à élevée) avaient un moindre risque de BPCO que ceux au plus faible niveau d'activité (OR = 0,80, IC_{95%} = [0,65 -0,98]). Pour la prévention de survenue de BPCO, la part attribuable à la pratique régulière de l'AP (AP d'intensité modérée à élevée) a été évaluée à 21 %.

Cette étude représente l'une des seules retrouvées à ce jour, qui ait de manière probante montré l'intérêt de l'AP sur la réduction de l'incidence de BPCO, mais essentiellement chez des sujets fumeurs, chez lesquels le risque de dysfonction respiratoire est élevé. Ainsi, malgré le nombre très restreint d'études publiées à ce jour et leur qualité méthodologique parfois discutable, on retrouve une moindre altération des variables ventilatoires associées au risque de BPCO avec la pratique d'une AP d'intensité modérée à élevée.

3.3.6.1.2 Effet de la sédentarité sur le risque de broncho-pneumopathie chronique obstructive

Si le rôle joué par la sédentarité dans l'incidence de très nombreuses maladies chroniques est reconnu, on ne dispose que de très peu de données ayant permis d'évaluer le rôle spécifique de la sédentarité comme facteur de risque de BPCO. Une relation a cependant été retrouvée entre l'altération du VEMS avec l'âge et le temps de sédentarité (temps passé assis devant la télévision) (Jakes et al. 2002). Au cours de cette étude, la diminution du VEMS avec l'âge est atténuée chez les sujets les plus actifs et ayant le temps de sédentarité le plus faible.

3.3.6.2 Maladie asthmatique

Les relations entre la pratique de l'AP et l'asthme restent complexes ; si l'ensemble des études démontre parfaitement le rôle joué par l'AP dans le contrôle de la maladie asthmatique de l'adulte et la réduction des états d'exacerbation (Dogra et al. 2009, Eichenberger et al. 2013, Garcia-Aymerich et al. 2009), la question de son rôle dans la prévention de l'apparition de cette maladie respiratoire, notamment chez les enfants, reste moins bien étudiée, et beaucoup plus complexe à évaluer.

3.3.6.2.1 Prévalence de l'asthme chez les jeunes

Ces 10 dernières années, plusieurs enquêtes ont permis d'évaluer la prévalence de l'asthme chez les jeunes ; une première enquête effectuée en 2003 évalue à 8,3 % la prévalence de sifflements pulmonaires dans les 12 derniers mois chez les enfants âgés de 11-14 ans, alors que 12,7 % de ces enfants reconnaissent avoir présenté au moins une crise d'asthme dans leur vie (Delmas et al. 2008). Une enquête nationale de santé en milieu scolaire plus récente, effectuée dans 2 niveaux de scolarisation (CM2 et troisième) a permis de montrer une prévalence moyenne des sifflements dans les douze derniers mois d'environ 10 %, alors que la prévalence de l'asthme enregistré au cours de la vie entière variait de 10 % à 16 % selon le niveau scolaire (Delmas et al. 2014).

3.3.6.2.2 AP, sédentarité et prévalence de l'asthme chez les jeunes

La survenue de l'asthme chez les enfants résulte de l'association de facteurs génétiques et environnementaux ; l'augmentation de prévalence de l'asthme observée ces dernières années est principalement liée à l'exposition à des agents infectieux, au tabac, à des allergènes de l'air et des agents polluants. Par ailleurs, la question de l'inactivité et de la sédentarité dans l'apparition de

l'asthme de l'enfance a été posée, en particulier face aux augmentations parallèles en 15 ans, des prévalences de l'asthme et de l'obésité.

Il est assez difficile d'évaluer le rôle joué par l'inactivité dans l'origine de l'asthme chez les enfants ; il est classique de penser que les enfants asthmatiques sont moins actifs que les enfants sans pathologie respiratoire. On a en effet montré que chez des enfants de 7 à 14 ans hospitalisés, ceux qui le sont pour crise d'asthme sont moins actifs que ceux qui sont admis pour d'autres pathologies ($p < 0,002$) (Glazebrook et al. 2006). On a par ailleurs montré que la prévalence de l'obésité atteint 21 % chez ceux qui sont asthmatiques, et 6,6 % chez ceux qui présentent des pathologies autres que l'asthme.

Cependant, cette notion reste très discutée, et une enquête réalisée sur près de 4000 enfants et adolescents de 7 à 16 ans a montré que les jeunes asthmatiques ont un niveau d'AP similaire à celui de jeunes sans pathologie respiratoire (Nystad 1997). Cette association possible entre niveau d'AP et asthme n'a pas été dans d'autres études (Eijkemans et al. 2008, Pianosi and Davis 2004).

La relation de cause à effet entre inactivité, sédentarité et asthme de l'enfant reste impossible à établir ; ce qui est cependant établi, c'est la limite volontaire de pratique d'AP chez les enfants asthmatiques, limite le plus souvent imposée par les parents, qui reste injustifiée, et qui ne peut qu'aggraver l'état pulmonaire (Cheng et al. 2010, Glazebrook et al. 2006).

Quelques études ont fortement suggéré que le comportement sédentaire, si fréquent chez les jeunes, pouvait être un facteur de risque d'asthme. Ainsi, plus de 3h quotidiennes passées à regarder la télévision sont associées avec une plus grande fréquence de 5 des 7 signes pulmonaires d'asthme (Tsai et al. 2007). Ces données ont été vérifiées chez les enfants de 2 à 5 ans, pour lesquels un temps quotidien égal ou supérieur à 4 h passé devant la télévision est associé à un risque de survenue d'asthme plus élevé que chez les enfants qui passent moins de 3 heures devant la télévision (Romieu et al. 2004).

3.3.6.2.3 AP chez les jeunes asthmatiques

Compte tenu des effets de l'AP régulière sur la réduction des états inflammatoires, on a étudié les conséquences de programmes d'entraînement chez des enfants asthmatiques ; on a ainsi montré que l'AP programmée diminuait les concentrations plasmatiques en IgE totales et liées à des réactions à des allergènes pulmonaires (Moreira et al. 2008). Chez des enfants asthmatiques, un programme d'AP de 3 mois permet de réduire le bronchospasme induit par l'exercice (Fanelli et al. 2007). De même chez des asthmatiques adultes, un programme de 3 mois d'AP permet de réduire l'éosinophilie salivaire et le NO exhalé, signes d'amélioration de la maladie asthmatique (Mendes et al. 2011).

Des programmes d'AP adaptés, surveillés, peuvent être proposés en toute sécurité chez des enfants comme chez l'adulte, sans qu'aucun signe d'exacerbation n'apparaisse (Moreira et al. 2008, Turner et al. 2011). Ainsi, la pratique de l'AP ne doit pas être considérée comme une situation anxiogène, ni comme un facteur de risque d'exacerbation, mais au contraire comme une condition d'amélioration de l'état de santé et de la qualité de vie de patients asthmatiques (Silva et al. 2013).

3.3.6.2.4 Asthme et manifestations asthmatiformes chez l'adulte

Chez l'adulte, la pratique du sport à haut niveau semble prédisposer à l'apparition de manifestations pulmonaires à type de bronchospasme induit par l'exercice (BIE). Cette symptomatologie pulmonaire est commune chez l'adulte, observée chez 1 sportif de niveau olympique sur 3 (Fitch 2012). Il existe maintenant un large consensus pour considérer que la prévalence importante de BIE chez les sportifs de haut niveau résulte à la fois de facteurs environnementaux liés à l'entraînement (allergènes de l'air, polluants, température et humidité de l'air ambiant), et de facteurs individuels (héritage génétique, réponses du système neuroimmunoendocrine). Cet état de fait est facilement expliqué par les débits ventilatoires

importants mesurés chez des sportifs très entraînés au cours d'exercices intenses, qui peuvent atteindre 200 L/min (Dempsey et al. 1982). Comme à de telles intensités la respiration se fait principalement par la bouche, on constate une augmentation de la pénétration d'allergènes et de polluants (chloramines, ozone, microparticules, etc.). Le BIE décrit cet état transitoire de constriction bronchique qui apparaît fréquemment chez les sportifs très entraînés, particulièrement chez les skieurs et nageurs (Langdeau et al. 2000 ; Sue-Chu et al. 2012). C'est une forme particulière de l'hyperréactivité bronchique qui caractérise l'asthme, beaucoup plus fréquente dans la population de sportifs très entraînés que dans la population générale (Boulet and O'Byrne 2015, Price et al. 2013). Ainsi, les activités sportives intenses, surtout pratiquées en ambiances à risque (froid, piscine), exposent au risque d'apparition d'hyperréactivité bronchique et de BIE.

En parallèle du BIE 2 principaux phénotypes de l'asthme ont été identifiés chez les sportifs (Haahtela et al. 2008) ; l'un représente le tableau classique de l'asthme apparaissant pendant l'enfance, déclenché par la métacholine, et intégré dans un contexte général d'atopie. L'autre phénotype est celui de l'asthme du sportif (*sports asthma*) qui apparaît tardivement, au cours de la carrière d'un sportif très entraîné, pas toujours associé à un contexte d'atopie, et déclenché par l'hyperventilation normocapnique. Malgré de nombreuses divergences dans les définitions, on a montré que l'asthme était plus fréquent chez les sportifs très entraînés, de haut niveau, que dans la population générale (Carlsen et al. 2008, Haahtela et al. 2005, Schwartz et al. 2008). La prévalence de l'asthme du sportif est d'approximativement 55 % chez les nageurs très entraînés, les skieurs de fond et les adeptes de disciplines d'endurance (Helenius et al. 2000, Larsson et al. 1993). On considère maintenant que l'asthme est l'affection la plus communément retrouvée chez les sportifs de niveau olympique (Fitch 2012).

A l'origine de cette prévalence importante d'asthme (ou de BIE) chez les sportifs de haut niveau, on retrouve des particularités de l'environnement qui constituent des facteurs de risque maintenant bien reconnus. Ce sont l'air froid et sec, des particules ultra-fines dégagées à la surface de la glace des patinoires, les pollens et certains polluants atmosphériques, l'aspiration de microgouttelettes riches en chlore (pour les nageurs en particulier), etc. (Silva and Moreira 2015). L'état actuel des recherches permet de proposer que l'incidence d'asthme chez les nageurs est fonction de la fréquence, de la durée et de l'intensité des séances entraînements, la contamination de l'air en chlorures, de l'âge de début des entraînements en piscine, et de l'existence d'un état atopique. On est bien là dans une situation où c'est l'association de multiples facteurs de risque qui permet d'expliquer la prévalence importante d'asthme, et non pas la présence d'une seule de ces conditions favorables ; c'est ainsi que l'exposition seule aux gouttelettes de chlore ne suffit pas à rendre compte du risque de survenue d'asthme du sportif ; il faut entre autres que soient réalisés des exercices d'intensité très élevée à l'entraînement (Beggs et al. 2013). De même, les signes histologiques d'inflammation associés à l'hyper-réactivité bronchique s'aggravent avec les années d'exposition, et régressent en cas d'arrêt de l'entraînement intense (Helenius et al. 2002) ou d'exclusion de l'ambiance polluée (Couto et al. 2014).

Cependant, l'ensemble de ces données qui conforte le rôle joué par les exercices intenses et prolongés dans un environnement à risque (froid, polluants, etc.) sur les manifestations cliniques d'hyperréactivité bronchique ne peut pas remettre en cause les conséquences bénéfiques de la pratique régulière d'une AP modérée chez des sujets asthmatiques (Carson et al. 2013). Une revue récente, collationnant 21 études cliniques et plus de 770 patients a permis de démontrer que l'AP modérée et régulière était le meilleur moyen d'améliorer les capacités cardio-pulmonaires de patients asthmatiques, sans risque majeur d'exacerbation (Carson et al. 2013).

En conclusion, la prévalence de l'asthme chez les enfants a cru ces dernières années ; la survenue d'asthme dans les antécédents d'enfants de CM2 et de 3^{ème} est respectivement estimée à 14 et 16 %. Le parallélisme entre l'augmentation de la prévalence de l'asthme et celle de l'obésité a conduit à se poser la question du rôle joué par l'inactivité et la sédentarité dans l'origine de cette pathologie respiratoire de l'enfant. Même si la relation de cause à effet reste impossible à établir, certaines études ont montré une relation entre

l'inactivité et la survenue de crises d'asthme. Il semble cependant plus probable que l'inactivité soit liée à une limite imposée par les parents d'enfants asthmatiques, qu'à un facteur de risque de survenue d'asthme. Par contre, il semble bien que le comportement sédentaire constitue un risque d'apparition d'asthme. Chez l'adulte, les activités sportives pratiquées à haute intensité et dans des environnements contraignants pour l'arbre bronchique (climat froid, polluants atmosphériques, etc.) peuvent être à l'origine d'états d'hyperréactivité bronchique (BIE, asthme du sportif). Si on ne peut pas définir le rôle joué par l'inactivité et sédentarité dans l'apparition d'asthme chez l'adulte, on a démontré que la pratique modérée et régulière d'AP contribuait à améliorer l'état pulmonaire de patients asthmatiques.

3.3.6.3 Caractéristiques de l'activité physique

En raison de l'absence de données épidémiologiques précises sur les relations entre les niveaux de pratique de l'AP et la réduction du risque de pathologies respiratoires (et plus spécialement de BPCO), il n'est pas possible de définir de manière précise les caractéristiques de pratique de l'AP et les bénéfices attendus. Une activité physique d'intensité modérée à élevée développant les capacités cardio-respiratoires semble être indiquée ; on ne dispose cependant pas d'informations suffisantes pour formuler des recommandations plus précises.

Effets de l'activité physique et de la sédentarité sur le risque de pathologies respiratoires chroniques

Activité physique

- L'effet de l'activité physique sur la prévention primaire de pathologies respiratoires a été très peu étudié.
- La pratique régulière d'une activité physique d'intensité modérée à élevée semble limiter l'altération avec l'avancée en âge de variable ventilatoire comme le volume expiratoire maximal par seconde (VEMS).
- La diminution de VEMS au cours du temps, signe annonciateur de BPCO, particulièrement chez les sujets fumeurs, est minimisée par la pratique régulière de l'AP.
- Pour la prévention de survenue de BPCO, la part attribuable à la pratique régulière de l'AP d'intensité modérée à élevée a été évaluée à 21 %.
- Les enfants asthmatiques pratiquent moins d'AP que des enfants sains appariés en âge. Il reste difficile de conclure à l'implication de l'inactivité dans l'origine de l'asthme ; il semble que ce soit plutôt les parents des enfants asthmatiques qui limitent volontairement leur pratique d'AP.
- Chez les adultes, la pratique d'activités sportives à haute intensité et dans des environnements contraignants pour l'arbre bronchique (climat froid, polluants atmosphériques, etc.) est à l'origine d'états d'hyperréactivité bronchique (BIE, asthme du sportif).
- La pratique modérée et régulière d'AP contribue à améliorer l'état pulmonaire de patients asthmatiques.

Sédentarité

- L'altération du VEMS avec l'âge est majorée par le temps de sédentarité (évalué par le temps passé assis devant la télévision).
- Chez l'enfant, plus de 4 h/j devant la télévision majore le risque de survenue d'asthme.

3.3.7 Maladies ostéoarticulaires

3.3.7.1 Effet de l'activité physique sur le risque d'arthrose

En raison des effets multiples des contraintes mécaniques sur le cartilage, l'activité physique (AP) peut jouer un rôle de prévention de l'arthrose mais également constituer un facteur de risque de cette pathologie.

Dans cette partie, seront brièvement présentées les caractéristiques de l'AP pouvant prévenir l'arthrose. Le risque d'arthrose conséquent à l'AP sera exposé plus bas.

La surface articulaire des articulations synoviales est recouverte de cartilage articulaire hyalin. Sa composition permet le transfert de forces à la plaque sous-chondrale (Setton 1997-99, Mow et al. 1984). Le cartilage articulaire est mécano-adaptatif : l'activité de biosynthèse des chondrocytes est sensible aux stimuli mécaniques et modifie la morphologie et la composition du cartilage (Carter 2004). Si certains suggèrent ainsi que des contraintes mécaniques excessives peuvent avoir un effet délétère sur le cartilage (Kujala et al. 1995, Spector et al. 1996), pour d'autres, au contraire, l'effet serait bénéfique. Chez les animaux l'immobilisation prolongée a conduit à une diminution de l'épaisseur du cartilage articulaire, même si cela n'entraînait pas nécessairement de l'arthrose (Vanwanseele et al. 2002). De même, chez les blessés médullaires, l'absence de contrainte en charge entraînait des taux d'amincissement du cartilage plus élevés que ceux observés chez les personnes souffrant d'arthrose (Ruckstuhl et al. 2008). Que ce soit les études *in vitro*, ou celles réalisées chez l'animal ou chez les humains, à ce jour les données sur l'effet de l'AP sur le cartilage articulaire sont hétérogènes et restent discutées (Lammi et al. 1993, Newton et al. 1997, Ko et al. 2013).

3.3.7.1.1 Etudes *in vivo* en IRM

Roos and Dahlberg (2005) ont étudié, chez des patients à risque d'arthrose, l'effet de l'exercice sur la concentration de protéoglycanes en mesurant le taux de rehaussement après injection de gadolinium sur l'IRM. Les auteurs retrouvaient, dans le groupe « exercice », une meilleure répartition en protéoglycanes que dans le groupe sans « exercice » ce qui était caractéristique d'un cartilage plus sain et qualitativement normal. Muhlbauer et al. (2000) ont comparé des triathlètes avec des personnes physiquement inactives. Ils ont montré que l'épaisseur du cartilage patellaire était augmentée chez les triathlètes alors que le cartilage du compartiment médial était plus fin, sans qu'il y ait de différence d'incidence d'arthrose dans les deux groupes.

L'ensemble de ces études suggèrent ainsi que l'effet délétère ou bénéfique des contraintes sur le cartilage serait fonction du volume total de la charge appliquée (intensité, durée, fréquence) et du type de contraintes imposées (cisaillement, axiale ou rotation).

3.3.7.1.2 Etudes clinique épidémiologiques

La plupart des études ont retrouvé que les activités d'endurance (activité dynamique en charge d'intensité modérée) comme certaines activités dynamiques, en charge, et d'intensité élevée n'entraîneraient pas de risque d'arthrose et pourrait avoir des effets bénéfiques sur le cartilage (Rannou et al. 2001, Felson et al. 2007).

Plusieurs études ont montré que ces AP dynamique d'intensité modérée, sans impact et en charge élevé, pouvaient être bénéfiques. En effet, Manninen et al. ont montré dans une étude de cas par rapport à des sujets contrôle que le risque d'avoir une prothèse totale de hanche diminuait avec l'augmentation du nombre d'heures d'AP récréative, d'intensité modérée (Manninen et al. 2001). Plusieurs autres études sont en accord avec ces données (Kohatsu and Schurman 1990, Bagge et al. 1991, White et al. 1993, Lequesne et al. 1997, Buckwalter and Lane 1997, Hart et al. 1999, Cooper et al. 1994, 2000, Sandmark and Vingård 1999, Sandmark et al. 2000, Lau et al. 2000, Sutton et al. 2001, Conaghan 2002). Seule l'étude de Lane et Buckwalter (1999) sur un suivi de

cohorte de personnes âgées, retrouvait un risque plus élevé d'arthrose de hanche chez les patients ayant eu une AP plus élevée à l'âge adulte.

Ainsi, les activités dynamiques en charge, d'intensité modérée à élevée sans impact important, n'entraînent pas de risque d'arthrose et pourraient avoir un effet positif sur le cartilage. L'effet bénéfique de l'AP pourrait s'expliquer également par l'effet de protection articulaire lié à l'entretien et au renforcement musculaire péri-articulaire.

3.3.7.2 Effet de l'activité physique sur le risque d'ostéoporose

L'ostéoporose est une maladie diffuse du squelette, caractérisée par une diminution de la résistance osseuse entraînant un risque accru de fracture (NIH 2001). Cette maladie entraîne un risque de « fracture de fragilité », c'est-à-dire de fractures qui surviennent à l'occasion de traumatismes minimes, comme une chute de sa propre hauteur, ou en l'absence de traumatisme identifié (Briot 2012). Par exemple, les fractures ostéoporotiques des membres, comme les fractures de l'extrémité supérieure du fémur, se produisent généralement à l'occasion d'une chute de sa propre hauteur, alors que les fractures ostéoporotiques vertébrales ne surviennent pas toujours à l'occasion d'un traumatisme identifié. Elles peuvent survenir au cours d'une situation de la vie courante, comme soulever une charge au sol ou à l'occasion d'un traumatisme si minime qu'il passe inaperçu (Briot 2012).

La résistance osseuse caractérise la résistance de l'os à la fracture. Elle résulte de la quantité et de la qualité osseuse, définies par de nombreux paramètres (géométrie osseuse, épaisseur corticale, porosité, morphologie de l'os trabéculaire et propriétés intrinsèques du tissu osseux). L'ostéoporose est caractérisée par une diminution de la quantité et de la qualité de l'os (Briot 2012) et une atteinte progressive de la résistance. Cela se traduit par une diminution de la masse osseuse ou de la densité minérale osseuse (DMO), une détérioration de la microarchitecture du tissu osseux et une intensification du remodelage osseux (Lewiecki 2004, Cummings et al. 1995). La résistance osseuse serait fortement dépendante de la DMO. Une densité minérale osseuse basse serait l'un des facteurs de risque les plus importants de fracture ostéoporotique (OP). La DMO mesurée par absorptiométrie biphotonique à rayons-X (DXA) représenterait en effet 60 % à 70 % de la variation de la résistance osseuse (Ammann 2003) et des études prospectives ont démontré que le risque de fracture ostéoporotique augmentait de 1,5 à 3 fois avec chaque diminution d'un écart type densitométrique (Cummings 1993). Toutefois, la DMO n'explique pas à elle seule la résistance osseuse et chez près de 50 % des sujets ayant présenté des fractures ostéoporotiques, le seuil de DMO de - 2,5 écarts-type par rapport à la population jeune de référence (ou T-score) n'était pas atteint (Schuit 2004). De plus, cette méthode ne permet pas de différencier la part de la perte corticale par rapport à la part de perte trabéculaire (Zebaze et al. 2010). Ainsi, la microarchitecture osseuse représente, avec la densité minérale osseuse (DMO), un déterminant essentiel de la résistance mécanique (Chappard 2012).

Dans le domaine de la recherche se sont développés plusieurs techniques d'imageries de la microarchitecture osseuse in vivo telles que la radiographie à haute résolution pour les sites osseux périphériques (calcaneum et radius) (Benhamou et al. 1994, Geraets et al. 1997) et pour le rachis, des détecteurs numériques tels que les capteurs à iodure de césium (C-MOS) dont les principaux avantages sont une très bonne résolution (de l'ordre de 100 µm). L'évaluation de la microarchitecture a également été étudiée à partir des images de DXA par analyse de niveaux de gris (analyse de texture) par le score « Trabecular Bone Structure » [TBS] (Schuit 2004, Briot 2013). Des méthodes en 3D ont également été développées, dont le principal avantage est de pouvoir faire une analyse séparée de l'os trabéculaire et de l'os cortical : (« Scanner à haute résolution scanners volumic quantitative computed tomography [V-QCT] (tomographie assistée par ordinateur), HR-pQCT « high resolution peripheral quantitative computed tomography) (Chappard 2012). Enfin, l'IRM permet l'évaluation de la microstructure osseuse à des résolutions proches de la taille des travées (Kazakia et al. 2006). Le faible rapport signal sur bruit (S/B) limite actuellement l'analyse de l'os trabéculaire. Le S/B a aussi pu être amélioré en utilisant une IRM à 3 Teslas avec une résolution de 156 µm × 156 µm × 500 µm (Banerjee et al. 2005, Krug et al. 2007). Le principal

avantage de cette dernière approche est qu'elle n'entraîne pas d'irradiation du patient. Pour l'analyse de la microarchitecture osseuse in vitro, il existe des techniques d'imagerie à l'échelle microscopique qui permettent d'effectuer des analyses tridimensionnelles telle que la tomographie assistée par ordinateur (microCT : microcomputed tomography) par rayonnement synchrotron, la radiographie conventionnelle à rayons X par tomographie assistée par ordinateur (conventionnal X-ray micro computed tomography) ou la microIRM avec des champs magnétiques élevés (Peyrin et al. 2001, Chappard 2012).

A ce jour, en pratique clinique quotidienne, la diminution de la résistance osseuse est estimée par la mesure de la DMO (Briot 2012). L'ostéodensitométrie par absorptiométrie biphotonique à rayons-X (DXA) est la technique de référence pour mesurer la DMO au niveau du rachis lombaire et de l'extrémité supérieure du fémur (ESF). La DMO est la seule technique qui permet d'apprécier les propriétés mécaniques de l'os de manière non invasive ; il n'existe pas de mesure non invasive in vivo validée de la résistance osseuse.

3.3.7.2.1 Effet de l'activité physique sur la masse osseuse

A tout âge, les contraintes mécaniques influencent le métabolisme osseux. L'adaptation osseuse aux variations de contraintes a été conceptualisée par Frost sous la forme d'un « mécanostat » grâce auquel l'os adapte son niveau de modelage (ou de remodelage) lorsqu'il perçoit un changement de régime de contraintes (Frost 1987, Frost et al. 1998). L'effet trophique de l'AP sur le tissu osseux a été démontré chez le rat (Robling et al. 2002) et chez les athlètes (Taaffe et al. 1997, Suominen 1993) effectuant des exercices à impact élevé. Les mécanismes d'action des contraintes sur le tissu osseux sont nombreux et complexes (INSERM 2008). Certains ont été peu expliqués et leur interaction avec des mécanismes hormonaux restent à préciser. L'immobilisation ou la microgravité induisent une perte osseuse nette (Leblanc et al. 1990) et la sous-utilisation (non utilisation de ses membres ou période prolongée d'inactivité et de décharge du squelette) favorise la diminution de la masse osseuse (Zerwekh et al. 1998). Au contraire, de nombreuses études ont suggéré que l'AP peut freiner la perte osseuse physiologique liée à l'avancée en âge et même accroître la masse osseuse (Mayoux–Benhamou et al. 1998). Il est admis que l'AP favorise la formation osseuse et s'oppose à la résorption, plus par une action mécanique locale par l'intermédiaire de contraintes dont l'effet prédomine aux sites où elles s'exercent, que par un mécanisme hormonaux faisant intervenir des médiateurs du métabolisme osseux cellulaires (Mayoux–Benhamou et al. 1998).

Acquisition du pic de masse osseuse

La masse osseuse varie au cours de la vie, elle augmente rapidement pendant la croissance jusqu'à atteindre un pic puis se stabilise et décroît (2008, HAS 2004). Au cours du développement du squelette, la masse minérale osseuse augmente afin de s'adapter aux contraintes mécaniques (Rauch and Schoenau 2002). Un pic de minéralisation osseuse intervient 6 mois à 18 mois après le pic de croissance staturale (Matkovic et al. 1994, Martin et al. 1997, Bailey et al. 1999) et la DMO atteint 90 à 95 % de sa valeur maximale lors de la fusion des cartilages de conjugaison (Riggs et al. 2002). L'âge du pic de masse osseuse intervient entre 20 et 30 ans (Teegarden et al. 1995, Heaney et al. 2000, New 2001) et varie en fonction du sexe et du site considéré (Bonjour et al. 1991, Slemenda et al. 1994, Heaney et al. 2000). Selon Riggs et al. (2002), les hommes atteignent un pic de masse osseuse plus élevé que celui des femmes (+ 25 %), leurs os sont plus grands (croissance longitudinale pré-pubertaire plus longue et meilleure apposition périostée) et l'os cortical est plus épais (Bass et al. 2005).

L'AP aurait un effet bénéfique dans l'établissement du pic de masse osseuse chez l'enfant et l'adolescent (Inserm 2008). La formation du tissu osseux est en effet régulée par des facteurs mécaniques, hormonaux et énergétiques (Rizzoli et al. 2001, Bass et al. 2005, Riggs et al. 2002) et la sensibilité du tissu osseux aux contraintes mécaniques appliquées lors de la pratique serait plus élevée pendant la croissance, période pendant laquelle la vitesse du renouvellement osseux est particulièrement rapide (Ruff et al. 1994, Turner et Robling 2005). Ces contraintes modifient

l'environnement mécanique de l'os et influencent ainsi les processus de croissance longitudinale et de minéralisation osseuse. Dès les années 1950, Buskirk et al. ont observé que l'ulna et le radius étaient plus longs du côté dominant chez des joueurs de tennis ayant débuté leur pratique dès l'enfance ou l'adolescence (Buskirk et al. 1956). Plusieurs études observationnelles ont montré qu'il y avait une augmentation du contenu minéral osseux (CMO) chez les enfants et les adolescents qui avaient un mode de vie plus actifs que les autres (Baxter-Jones et al. 2008, Tobias et al. 2007, Janz et al. 2006). De plus, de nombreuses études transversales ont montré que les athlètes juniors qui participent à des sports avec impacts ont un score plus élevé de DMO que ceux qui participent à des sports sans impacts (Baxter-Jones et al. 2008, Courteix et al. 1998, Duncan et al. 2002, Deere et al. 2012).

Récemment, Behringer et al. (2014) ont évalué, dans une méta-analyse ayant inclus 27 études, l'effet de programmes d'entraînements comprenant des AP en charge sur le gain de contenu minéral osseux (CMO) et de densité minérale osseuse (DMO) chez les enfants et les adolescents, à partir de l'analyse des études contrôlées randomisées ou non randomisées (Behringer et al. 2014). Les activités en charge étaient définies comme entraînant une contrainte (impact) d'intensité élevée sur le squelette (intensité supérieure à celle des activités quotidiennes), telles que des activités de sauts, d'entraînements contre-résistance, par opposition aux AP sans contrainte (impact) d'intensité élevée, telles que la marche, les activités aquatiques, le vélo, le Tai Chi, ou les étirements (MacKelvie et al. 2002). Les programmes variaient en termes de type d'AP, de fréquence, de durée et d'intensité. Ces programmes d'entraînements ont permis une augmentation significative de la CMO (2664 sujets) et de la DMO (1376 sujets). L'effet traitement moyen pondéré pour le changement de la CMO (ET = 0,17 ; IC_{95%} = [0,05–0,29] ; p < 0,05) et de la DMO (ET = 0,26 ; IC_{95%} = [0,02–0,49]) était faible mais significatif. Dans cette méta-analyse, l'analyse en régression multiple montrait que les apports journaliers en calcium et le stade de maturité sexuelle au départ étaient prédictifs du gain de CMO durant la croissance. Ceci est en accord avec les études précédentes qui ont montré que la principale limite à l'efficacité des exercices ostéogéniques serait l'âge des sujets entraînés (Nikander et al. 2010). Pour certains, il n'y aurait un effet qu'au début et au milieu de la puberté (Haapasalo 1998, MacKelvie et al. 2001, Petit et al. 2002), pour d'autres dès la prépuberté (Cassell et al. 1996, Bass et al. 1998 et 2002a, Fuchs et al. 2001, MacKelvie et al. 2004, Valdimarsson 2006). Certains ont trouvé un effet bénéfique de l'AP avant l'âge de 8 ans, qu'il s'agisse d'une activité gymnique récréative (Laing et al. 2005) ou plus intensive (Zanker et al. 2003). En revanche, un consensus semble prévaloir concernant la plus faible efficacité d'une AP ostéogénique chez les adolescent(e)s en fin de puberté (stades IV et V de Tanner). Chez les jeunes filles, la vitesse de l'acquisition osseuse serait plus élevée avant la ménarche (McKay et al. 1998, Kannus et al. 1996, Morris et al. 1997, Heinonen et al. 2000). L'analyse en régression a montré que ni le type de résistance appliquée (poids du corps ou appareil de musculation), ni la durée, ni la fréquence de l'entraînement ne modifiaient l'effet traitement sur l'augmentation de la CMO et de la DMO (Behringer et al. 2014). Ainsi, contrairement à certaines études transversales (Bass 1998, Courteix et al. 1999, Dyson et al. 1997, Conroy et al. 1993, Cassell et al. 1996), cette méta-analyse ne faisait pas apparaître d'effet dose-réponse des activités en fonction du volume d'entraînement. Cet effet dose-réponse (que la dose soit relative à la fréquence, à l'intensité ou à la durée) est cependant à ce jour difficilement évaluable en raison de l'hétérogénéité des programmes proposés et en particulier de l'absence de réalisation d'un seuil d'impact (contrainte) établi comme étant l'intensité minimale nécessaire à un bénéfice osseux (Modlesky and Lewis 2002).

Ainsi, à ce jour, il est difficile de savoir si, en dehors des entraînements intensifs qui exercent des effets positifs sur la minéralisation, l'AP entraîne des effets bénéfiques pour des quantités (intensité, fréquence, durée) d'entraînement plus faibles. Plusieurs études contrôlées randomisées avec des résultats positifs concernaient 2 à 3 entraînements par semaine (Guadalupe-Grau et al. 2009). Les études d'intervention de MacKelvie et al. ont montré que l'accrétion osseuse observée pendant la croissance est améliorée de 1 à 3 %, suite à un programme d'entraînement réalisé dans le cadre scolaire trois fois par semaine pendant sept mois, à raison de 10 à 12 minutes d'exercices avec des impacts allant de 3,5 à 5 G (ground reaction forces, réaction de la force venant du sol) (MacKelvie et al. 2001, 2002a et b). L'étude d'intervention de McKay et al. a montré

que la réalisation de dix sauts sur place avec élan trois fois par jour pendant 8 mois, permettait d'augmenter la minéralisation au niveau du fémur proximal chez des enfants d'une dizaine d'années (McKay et al. 2005). Dans la méta-analyse de Behringer et al. (2014) on ne sait si les forces gravitationnelles et de musculation résultant des interventions appliquées (quantification de l'AP) étaient suffisantes pour induire des adaptations plus élevées. Les résultantes des forces exercées sur le squelette sont le signal ostéogénique essentiel détecté par les cellules osseuses (Wolff et al. 1999) et cet effet serait d'autant plus fort que les contraintes mécaniques sont variées et diffèrent des contraintes habituelles imposées lors des activités quotidiennes (la marche ou de la course) et d'une amplitude supérieure à 3 ou 4 G (ground reaction forces ou force de réaction du sol) ; que les contraintes soient appliquées sur le squelette d'un enfant pré-pubère (stade I de Tanner) ou en début de puberté (stades II et III de Tanner) (Bass et al. 2000, Khan et al. 2000, MacKelvie et al. 2002a).

L'effet ostéogénique de l'AP s'exercerait grâce à l'action des muscles ou à celle de la gravité, par l'intermédiaire de la force de réaction du sol (lors des activités où le poids du corps est mis en jeu) ou des forces appliquées au niveau du squelette par les muscles (Turner 2000, Blimkie and Högler 2003). D'après de nombreux auteurs, ce seraient les contractions musculaires et non le poids du corps, qui exerceraient les plus fortes contraintes sur le squelette lors des AP (Burr 1997, Schoenau et al. 2002).

Maintien de la masse osseuse

Si la pratique d'AP pendant la croissance permet d'atteindre un pic de masse osseuse plus élevé, la conservation de ce capital osseux à l'âge adulte constituerait un facteur de protection contre les fractures ostéoporotiques (Beck et al. 2003, Kannus et al. 1999, NIH JAMA 2001). En effet, le maintien de la masse osseuse à un moment de la vie serait déterminé par plusieurs facteurs modifiables dont l'AP.

La revue systématique de Bielemann et al. a rassemblé les études de cohortes évaluant, de façon longitudinale au long cours, l'association entre les AP réalisées au cours de l'enfance et l'adolescence et la masse osseuse, ou densité osseuse chez les jeunes adultes (Bielemann et al. 2013). Parmi les 19 études incluses, les auteurs ont retrouvé 11 suivis de cohortes différentes dont il était difficile de faire une synthèse en raison de leur hétérogénéité (différences des sites anatomiques osseux mesurés, de sexe et d'évaluation de l'AP). De plus, la majorité présentait une faible puissance statistique (cohortes de moins de 200 sujets). Dans la moitié des études ayant évalué la masse osseuse au niveau du rachis lombaire ou du col fémoral, la masse osseuse était significativement corrélée avec la pratique d'AP ; seul un tiers des études a rapporté une corrélation positive lorsque la mesure évaluait la masse osseuse du corps entier. Une des explications serait une limitation de l'adaptation osseuse aux régions en charge (Guadalupe-Grau et al. 2009). Une plus faible corrélation était retrouvée lorsque l'AP était pratiquée uniquement durant l'adolescence (environ un tiers) ou uniquement chez les jeunes adultes (environ la moitié) que lorsqu'elle était pratiquée depuis l'adolescence jusqu'à l'âge adulte (environ 80 %). L'ajustement avec les facteurs confondants n'était pas toujours réalisé, c'est les cas des apports en calcium pris en compte dans une seule étude (Groothausen et al. 1997) ou du tabac (Baxter-Jones et al. 2008, Delvaux et al. 2001, McGuigan et al. 2002, Neville et al. 2002, Barnekow-Bergkvist et al. 2006, Välimäki et al. 1994).

L'étude des relations entre la pratique d'AP durant l'adolescence et la masse osseuse à l'âge adulte retrouve des différences importantes entre les sexes, avec de plus fortes corrélations aant chez les hommes (Neville et al. 2002). Les plus faibles corrélations chez les femmes, si l'on écarte des différences biologiques, pourraient s'expliquer par leur plus faible participation à des sports ou des activités d'intensité élevée qui auraient pour effet d'engendrer un effet démontrable sur la masse osseuse (Hallal et al. 2012). Par ailleurs, l'analyse de ces études ne permet pas de déterminer la meilleure méthode d'entraînement (type, durée, intensité, fréquence) pour maintenir la masse osseuse (Guadalupe-Grau et al. 2009).

La méta-analyse de Behringer et al. (2014) a confirmé les effets bénéfiques d'une d'AP sur la masse osseuse : la pratique régulière permet d'augmenter le contenu minéral osseux et la densité minérale osseuse chez les enfants et les adolescents. Bien qu'il n'y ait pas de preuves scientifiques de niveau élevé, cela pourrait contribuer à augmenter le pic de masse osseuse. Des AP à impacts d'intensité élevée, supérieures à celle de la vie courante (supérieure à 3 ou 4 G) (sauts, course) combinées à des exercices de renforcement musculaire sont donc à recommander pendant la période de croissance et chez l'adulte jeune. Par ailleurs, compte tenu de l'effet site-spécifique de l'AP sur le tissu osseux, une pratique d'AP multi-activités doit être encouragée le plus tôt possible.

Aucun effet-dose réponse n'a été rapporté. Concernant la fréquence, les données disponibles suggèrent qu'une pratique 2 à 3 fois par semaine serait nécessaire. Il reste actuellement difficile de conclure quand à une quantité d'AP à recommander (intensité, durée ou fréquence).

L'effet de l'AP sur l'os diffère en fonction de la maturité sexuelle : plus efficace en début et pendant la puberté, l'effet de l'AP serait plus faible à la fin de la puberté, plus particulièrement chez les adolescentes. Il n'y a actuellement pas de consensus.

Une pratique d'AP régulière depuis l'adolescence jusqu'à l'âge adulte pourrait permettre de conserver la masse osseuse à l'âge adulte (rachis lombaire et col fémoral), la conservation de ce capital constituant un facteur de protection contre les fractures ostéoporotiques.

3.3.7.2.2 Effet de l'activité physique chez la femme ménopausée

▪ Définition de l'ostéoporose et de la fracture ostéoporotique

L'OP primitive dite post-ménopausique est la plus fréquente. Liée à l'âge, elle est deux à trois fois plus fréquente chez la femme, en raison d'un pic de masse osseuse moins élevé que chez les hommes et de la ménopause qui entraîne une baisse des hormones sexuelles. Chez la femme, les œstrogènes contrôlent le remodelage osseux et favorisent la formation d'os jeune. Lors du déficit en œstrogènes survenant à la ménopause, la perte osseuse s'accélère et le risque d'ostéoporose augmente. La décroissance de la masse osseuse commence quelques années avant la ménopause et se poursuit au rythme de 1 à 2 % par an durant 8 à 10 ans puis ralentit jusqu'à ce que son rythme redevienne le même que chez l'homme, soit entre 0,5 et 1 % par an. Dans les pays développés, pour les femmes en post-ménopause, la probabilité d'avoir une fracture ostéoporotique est de 40 %, dont 20 % sont des fractures de hanche (Bessette et al. 2008) ; le risque de mortalité suite à une fracture de hanche étant d'environ 20 % (Cooper et al. 1993).

Si l'ostéoporose masculine liée à l'âge est moins fréquente, les hommes ne sont pas épargnés : un tiers des fractures dues à une fragilité osseuse surviennent chez l'homme. Selon les études, l'OP touche 8 à 18 % des femmes de plus de 50 ans et 5 à 6 % des hommes de la même tranche d'âge. L'incidence des fractures ostéoporotiques augmente avec l'âge dans les deux sexes. Les manifestations cliniques les plus fréquentes de l'ostéoporose sont les fractures de l'extrémité supérieure du fémur, des vertèbres et du poignet. Les complications liées à ces fractures constituent la gravité de l'ostéoporose. D'autres formes plus rares d'ostéoporose primaire existent, elles présentent une forte composante génétique et touchent des individus jeunes (25-30 ans). L'ostéoporose peut également être secondaire, induite par certaines pathologies : affections endocriniennes (hyperparathyroïdie, hyperthyroïdie, hypercorticisme, hypogonadisme), ostéogénèse imparfaite, etc. Elle peut également être induite par certains traitements, notamment la corticothérapie orale prolongée et les traitements anti-hormonaux (agonistes de la GnRH et inhibiteurs de l'aromatase) utilisés dans les suites de certains cancers du sein et de la prostate. Le rôle de l'AP dans ces formes d'ostéoporoses secondaires n'a jamais été étudié.

Les fractures ostéoporotiques sont à l'origine d'un excès de mortalité, de morbidité, de douleurs chroniques, de perte d'autonomie, de détérioration de la qualité de vie, d'hospitalisation au long cours et d'un coût médico-socio-économique majeur (Papaioannou et al. 2010, Cooper et al. 1993, Lewiecki 2004, Roux 2010). Parmi les fractures, certaines sont dites sévères (hanche, fémur,

humérus, bassin, vertèbre) et sont associées à un excès de mortalité dans les 10 à 15 ans qui suivent. La prévention des fractures ostéoporotiques constitue un enjeu sanitaire majeur, sachant qu'elles seraient évitables pour une large part de la population (Eastell and Riggs 1998, Burge et al. 2007, Kannus et al. 1999, NIH 2001).

Bien que les mesures de la DMO contribuent à la prédiction du risque de fracture, elles ne suffisent pas à identifier les individus qui auront une fracture (Marshall et al. 1996, Briot 2012). Une méta-analyse de 12 cohortes internationales a étudié les facteurs de risque de fracture et leur valeur prédictive, chez 60 000 sujets environ (Briot 2012). Les facteurs de risque retenus étaient l'âge, l'indice de masse corporelle, l'antécédent personnel de fracture, l'antécédent parental de fracture de l'extrémité supérieure du fémur, le tabagisme actif, les corticoïdes, la polyarthrite rhumatoïde les autres causes d'ostéoporose secondaire, la consommation excessive d'alcool et la densité osseuse du col fémoral. S'il n'est pas possible de modifier certains facteurs de risque (âge, sexe, facteur génétique), il est possible d'agir sur d'autres, notamment par l'observation de règles d'hygiène de vie qui comprennent l'apport vitamino-calcique, la lutte contre le tabagisme et l'alcoolisme, le maintien d'un IMC inférieur à 25 et la lutte contre l'inactivité et la sédentarité.

- Effet de l'activité physique en prévention de l'ostéoporose

Expertise collective Inserm (2008)

Concernant les liens entre AP, ménopause et os, l'Expertise collective Inserm (2008) a repris les conclusions de la méta-analyse de Wolff et al. (1999). Cette méta-analyse a inclus l'ensemble des études, randomisées contrôlées ou non, entre 1966 et 1996, étudiant les effets de l'AP sur la masse osseuse mesurée par la DMO au niveau du rachis lombaire et du col fémoral chez les femmes en période de pré et post ménopause et concluait que la pratique régulière de l'exercice musculaire pouvait prévenir la perte osseuse liée au vieillissement voire l'augmenter d'au moins 1 % par an, à la fois au niveau vertébral et au niveau du col fémoral de façon significative ; l'Expertise collective Inserm (2008) ne détaillant pas le type d'études sélectionnées ni leur caractéristiques méthodologiques. Ils concluent à la nécessité de conseiller des pratiques variées nécessitant un minimum d'intensité pour préserver la masse osseuse, la marche semblant peu efficace par rapport à des activités en force ou résistance (Kerr et al. 1996, Cussler et al. 2003).

Données récentes

Une revue systématique Cochrane a évalué l'efficacité des AP dans la prévention et le traitement de l'ostéoporose chez des femmes ménopausées saines (Howe et al. 2011), en actualisant une première revue systématique Cochrane (Bonaiuti et al. 2002). L'objectif principal de cette revue était de déterminer si les AP pouvaient ralentir la perte osseuse mesurée sur la DMO au niveau du squelette axial (crâne, colonne vertébrale et cage thoracique) et périphérique (os des membres, bassin) chez les femmes ménopausées saines (incluant celles qui avaient déjà eu des fractures). Les auteurs n'ont inclus que les études contrôlées randomisées (ECR). Les études ne précisaient pas toujours s'il s'agissait de femmes ayant une ostéoporose avérée (T score < -2,5 DS) ou une fracture. Pour que l'étude soit sélectionnée, elle devait inclure un programme d'exercices en charge (comme la marche rapide ou la gymnastique suédoise) ou des exercices de renforcement musculaire. Les exercices devaient améliorer les capacités aérobies (endurance) et la force musculaire par rapport à un traitement standard (c'est-à-dire activité habituelle ou placebo), que ce soit avec ou sans traitement médical associé (Kohrt et al. 2004). Les auteurs ont sélectionné 43 ECR, dont 27 nouvelles études par rapport à la revue systématique Cochrane de 2002, soit 4 320 participants. Tous les exercices étaient réalisés sur plateau technique sauf dans une étude qui incluait à la fois des exercices sur plateau technique et en balnéothérapie (Tolomio et al. 2008). Dans la plupart des études, la fréquence des exercices était de 2 à 3 fois/sem, dans 3 études, les exercices étaient fait quotidiennement (Iwamoto et al. 2001, Revel et al. 1993, Sakai et al. 2010) et dans 7 études, il y avait 4 à 6 sessions/sem (Bergström et al. 2008, Cheng et al. 2002, Lau et al.

1992, Sinaki et al. 1989, Smidt et al. 1992). La durée des programmes d'exercices était variable (moins de 12 mois dans 10 études, 12 mois dans 26 études et plus de 12 mois dans 7 études).

Les résultats ont montré que :

- des exercices statiques en charge (appui unipodal tenu 3 min/j) entraînaient une différence significative sur le pourcentage de changement de la DMO au niveau de la hanche globale (« total hip ») par rapport au groupe contrôle (étude de 31 participants) (Sakai et al. 2010) ;
- des exercices d'endurance aérobie en charge d'intensité modérée (de type marche et Tai Chi) entraînaient une différence significative en faveur des exercices par rapport au groupe contrôle entre les moyennes des différences (MD) en pourcentage de changement de la DMO au niveau du rachis (MD : + 0,87 % ; CI_{95%} = [0,26 - 1,48] ; 7 études, 119 participants) ;
- des exercices en charge à intensité élevée (de type course à pied, saut, danse et exercices sur plateforme de vibration) entraînaient une différence significative en faveur des exercices pour la moyenne des différences en pourcentage de changement de la DMO au niveau de la hanche (MD : + 1,55 % ; CI_{95%} = [1,41 - 1,69] ; 4 études, 179 participants) et au niveau du trochanter (MD : + 1,23 % ; CI_{95%} = [-0,01 - 2,47] ; 2 études, 188 participants) ;
- des exercices de renforcement musculaire de faible résistance (nombreuses répétitions contre faible charge) n'entraînaient aucune différence significative sur les critères considérés en faveur de ce type d'exercice (5 études 231 participants) ;
- des exercices de renforcement musculaire en décharge avec résistance élevée avaient un effet significatif en faveur des exercices sur - la moyenne des différences (MD) en pourcentage de changement de la DMO au niveau du rachis (MD : + 0,86 % ; CI_{95%} = [0,58 - 1,13] ; 8 études et 246 participants) et au niveau du col fémoral (MD : + 1,03 % ; CI_{95%} = [0,24 - 1,82] ; 9 études 292 participants) ;
- des exercices combinés, c'est à dire comprenant plus d'un type d'exercice décrit ci-dessus, avaient un effet statistiquement significatif sur la diminution du risque de fractures (OR = 0,33 ; CI_{95%} = [0,13 - 0,85] ; 2 études et 236 participants) et la moyenne des différences en pourcentage de changement de la DMO au niveau du rachis [MD : + 3,22 % ; CI_{95%} = [1,80 - 4,64] ; 4 études et 258 participants), du trochanter [MD : + 1,31 % ; CI_{95%} = [0,69 - 1,92], (2 études et 200 participants) et au niveau du col du fémur [MD +0,45% ; CI_{95%} = [0,08 - 0,82] ; 3 études, 325 participants).

Cette méta-analyse (Howe et al. 2011) a montré que l'efficacité des exercices est fonction des caractéristiques des AP (type et intensité). Ces conclusions sont en accord avec les données des études biomécaniques (INSERM 2008) montrant que les contraintes doivent être d'une intensité suffisante, supérieure aux contraintes subies habituellement par le squelette (principe de surcharge) et que la variété des contraintes appliquées sur les sites osseux sur lesquels les forces s'appliquent (principe de spécificité) et la direction de ces mêmes forces sont des facteurs déterminants pour modifier les propriétés de résistance osseuse. Plus particulièrement, cette méta-analyse a montré que les exercices en charge à impact (contrainte) d'intensité élevé de type course, sauts et exercices sur plateforme de vibrations permettaient d'augmenter significativement la masse osseuse au niveau de la hanche et du trochanter par rapport à un groupe contrôle.

Tableau 23. Efficacité des programmes d'exercices par rapport au groupe contrôle sur la modification de la DMO aux principaux sites d'évaluation (rachis, col fémoral, hanche totale, trochanter) et sur le risque de fracture

Types d'exercices	Nombre ECR et de sujets	Biais / compliance	Résultats significatifs en faveur du groupe exercice	Résultats non significatifs en faveur du groupe exercice
Tous types d'exercices confondus	31 1441	13 études faible risque de biais	DMO Rachis DMO Trochanter	Nombre de fractures DMO Col fémoral DMO Hanche globale
Exercices statiques en charge	1, 31	Risque de biais pas clair/Non rapporté	DMO Hanche globale	
Exercice d'endurance aérobie : dynamique en charge d'intensité modérée	9, 705	5 études faible risque de biais/ 39% à 79,2%	DMO Rachis	DMO Col fémoral DMO Trochanter Nombre de fractures
Exercices dynamiques en charge d'intensité élevée	10, 568	4 études faible risque de biais/ 82,6% à 86,2%	DMO Hanche globale DMO Trochanter	DMO Rachis DMO Col fémoral
Exercices de musculation : renforcement musculaire en décharge [faible résistance]	5 231	Aucunes études à faible risque de biais/ 65% à 90%	aucun	DMO Rachis DMO Hanche globale DMO Trochanter DMO Col fémoral
Exercices de musculation : Exercices de renforcement musculaire en décharge [résistance élevée]	9 292	1 étude faible risque de biais/ 65% à 92%	DMO col fémoral DMO rachis	DMO Hanche globale DMO Trochanter
Exercices combinés [associant exercices dynamique en charge et de musculation]	10, 823	5 études faible risque de biais/ 65% à 95%	Nombre de fractures DMO rachis DMO trochanter DMO col fémoral	DMO hanche globale*

Pour les exercices de renforcement musculaire, seuls les exercices d'intensité élevée entraînaient une amélioration significative de la DMO au niveau du col fémoral et du rachis (renforcement musculaire progressif à résistance élevée des membres inférieurs et du tronc). Les protocoles de renforcement musculaire à résistance élevée décrits dans les études sélectionnées comprenaient une augmentation progressive de l'intensité et du nombre de répétitions comme par exemple une série de 14 répétitions à 40 % de 1RM allant jusqu'à 2 séries de 7 répétitions à environ 80 % de 1RM (Howe et al. 2011).

Finalement seule la réalisation d'exercices combinés (exercices en charge et de renforcement musculaire) permettait de diminuer le nombre de fractures et constitue l'intervention la plus efficace sur la DMO du rachis (en moyenne de plus de + 3,22 % par rapport à un groupe contrôle), sur le col fémoral et le trochanter (Howe et al. 2011). Les programmes d'exercices combinés étaient basés sur des activités d'endurance à intensité modérée (marche rapide, gymnastique suédoise, jogging, danse, etc.) associé à un renforcement musculaire contre résistance (Chow et al. 1987, Iwamoto et al. 2001, Papaioannou et al. 2003, Chubak et al. 2006, Bergström et al. 2008). Ces AP comprenaient aussi un temps d'échauffement et des étirements. Certaines études ont inclus un travail d'équilibre et de coordination (Englund et al. 2005, Karinkanta et al. 2007, Tolomio et al. 2009). D'autres études comprenaient des activités en charge avec impact élevé de type saut (Korpelainen et al. 2006, Cheng et al. 2002, Karinkanta et al. 2007, Uusi-Rasi et al. 2003, Verschueren et al. 2004, Grove and Londeree 1992, Maddalozzo et al. 2007) ou activités de montée et descente de marche (Metcalfe et al. 2001, Karinkanta et al. 2007). Une étude a également inclus en complément, un travail d'exercice sur plateforme de vibration (Von Stengel et al. 2009).

Ces mêmes résultats ont été retrouvés dans la méta-analyse de Martyn-St James et al. (2009) montrant que c'est la combinaison d'exercices en charge et de renforcement musculaire qui permettrait d'améliorer la densité osseuse mesurée au niveau du col du fémur ou des vertèbres lombaires chez les femmes ménopausées.

Récemment, Kelley et al. (2012) ont évalué, par méta-analyse, l'effet des exercices dynamiques en charge et de renforcement musculaire sur la DMO chez les femmes post-ménopausées. La durée des exercices devait être de plus de 24 semaines et les sujets devaient participer de façon régulière à plus de 150 min/sem d'AP d'endurance d'intensité modérée (3 à 5,9 METs) ou 75 min/sem d'AP en charge d'intensité élevée (> 6 METs) et de la musculation plus de 2 fois/sem. Une différence faible mais statistiquement significative était retrouvée en faveur des AP à la fois pour la DMO du col fémoral et pour le rachis.

- Effet de l'activité physique sur le risque de fracture ostéoporotique

Expertise collective Inserm (2008)

Chez l'humain à ce jour, la seule façon d'évaluer les propriétés mécaniques de l'os est l'enregistrement du nombre de fractures. L'évaluation du risque de fracture nécessite des études longitudinales. L'effet de la pratique d'exercices physiques sur le risque fracturaire a été synthétisé dans l'Expertise collective Inserm (2008). Sinaki et al. (2002) ont montré que chez des femmes ménopausées, deux années de renforcement musculaire dorsal entraînaient une réduction marquée de la prévalence des fractures vertébrales, de 4,3 à 1,6 % maintenue 8 ans après l'arrêt de l'entraînement. Le bilan de la Finnish Twin Cohort a mis en évidence un risque relatif de fracture de hanche plus faible de 60 % chez des hommes vigoureusement actifs comparés à leurs pairs moins actifs (Kujala et al. 2000).

L'étude « Nurses' Health Study », portant sur plus de 61 000 femmes ménopausées, a montré que le risque relatif de fracture du col du fémur était diminué de 6 % pour chaque augmentation de la dépense énergétique équivalente à 1 h/sem de marche d'intensité modérée (3 METs-h/sem), et ce après contrôle de l'âge, de l'IMC, de la prise ou non de traitement hormonal substitutif et du tabagisme (Feskanich et al. 2002). Les femmes marchant au moins 4 h/sem avaient un risque de survenue de fracture du col du fémur diminué de 41 % par rapport aux femmes marchant moins de 1 h/sem. Cette étude suggère qu'une AP de faible intensité exerçant peu de contraintes sur l'os telle que la marche (lors d'une marche tranquille, chaque pas impose une charge sur le squelette axial une fois le poids corporel) peut diminuer le risque de fracture. Une des hypothèses serait que le gain de la résistance de l'os aux contraintes mécaniques serait supérieur au gain de densité osseuse. Cependant, dans ces études, la réduction de la prévalence des fractures doit être pondérée par l'absence de prise en compte de l'ensemble des facteurs de risque de fracture ostéoporotique en particulier les facteurs de risque de chutes. En effet, un autre intérêt de l'AP est l'amélioration de la force des muscles de la hanche et de l'équilibre qui contribuent au maintien de

la stabilité posturale et à la diminution des chutes (Gillespie et al. 2010) ; ces effets favorables de la pratique régulière de l'AP ne sont pas évalués dans cette étude.

Données récentes

Il n'y a pas suffisamment d'études à ce jour pour confirmer la relation entre le gain de DMO et la diminution du risque de fractures dans le cadre de ces programmes d'AP. Dans la méta-analyse de Howe, seule la combinaison d'AP dynamiques en charge et de musculation permet une diminution significative du risque de fractures (Howe et al. 2011).

L'AP aurait un effet bénéfique sur la DMO chez la femme ménopausée, où il pourrait ralentir la perte de DMO et chez le sujet âgé, et au-delà d'un bénéfice pour la masse osseuse, il entreprendrait la musculature et l'équilibre et diminuerait le risque de chute et de fracture (Grahm et al. 2005). De nombreuses fractures, en particulier dans les populations plus âgées, sont consécutives à des chutes, elles même influencées par l'environnement ou liées à des causes telles que la détérioration de la fonction visuelle, de la force musculaire ou de l'équilibre (Gillespie et al. 2010). Ainsi, les contraintes mécaniques, imposées par des AP adaptés, pourraient constituer un traitement préventif et retarder l'apparition de fracture ostéoporotique chez les femmes ménopausées.

Ainsi, seule la réalisation d'exercices combinés (AP à impact d'intensité élevée et renforcement musculaire) permettait de diminuer le nombre de fractures et constitue l'intervention la plus efficace sur la DMO du rachis, sur le col fémoral et le trochanter (Howe et al. 2011, Kelley et al. 2012, Martyn-St James et al. 2009) chez la femme ménopausée et, potentiellement, chez le sujet âgé. Les programmes d'AP combinées étaient basés sur des activités d'endurance avec impact (marche rapide, gymnastique suédoise, jogging, danse, etc.) associées à un renforcement musculaire contre résistance. L'efficacité des exercices est fonction des caractéristiques des AP (type et intensité). La méta-analyse de Kelley a estimé qu'une pratique de 6 mois était nécessaire pour obtenir des effets, cette pratique devant être comprise entre 75 min / sem d'AP à intensité élevée (> 6 METs) et 150 min/sem d'AP d'endurance d'intensité modérée (3 à 5,9 METs), le renforcement musculaire au moins 2 fois/sem.

3.3.7.3 Effet de la sédentarité sur le risque d'ostéoporose

▪ Effet de la sédentarité sur la santé osseuse

A ce jour, il n'existe que très peu d'études ayant évalué l'association entre les comportements sédentaires et la santé osseuse (Gracia-Marco et al. 2012). Tremblay et al. (2010) évoquent le fait que les comportements sédentaires peuvent avoir un rôle sur la santé osseuse différent de celui associé à un niveau inapproprié d'AP. Deux études récentes transversales, réalisées chez des adolescents, suggèrent qu' 'il y a une corrélation négative entre la densité minérale osseuse et le comportement sédentaire (temps passé à regarder la télévision et à être devant un écran). De plus, cette relation n'est que partiellement corrigée par l'AP pratiquée durant le reste de la journée avec un niveau suffisant pour être bénéfique pour l'os (Vicente-Rodríguez et al. 2012). Chez les adultes, Chastin et al. ont évalué de façon transversale l'association entre des mesures objectives de comportements sédentaires et la densité minérale osseuse à partir des données de l'enquête « National Health and Nutritional Examination Survey 2005–2006 » (NHANES). Dans cette étude, le comportement sédentaire était négativement corrélé à la DMO du fémur chez les femmes indépendamment de leur niveau d'AP. Cet effet n'étant pas retrouvé chez les hommes (Chastin et al. 2014). D'autres études longitudinales ou interventionnelles sont nécessaires pour confirmer ces données.

3.3.7.4 Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité

Les recommandations internationales en AP pour les enfants et adolescents soulignent l'importance d'inclure des activités permettant un renforcement osseux dans les 60 min d'AP quotidienne, au moins 3 jours par semaine. Chez les adultes, il n'y a pas de recommandations spécifiques pour promouvoir la santé osseuse (U.S. Department of Health and Human Services 2008).

Les données récentes suggèrent que, tout au long de la vie, il semble nécessaire de promouvoir des AP entraînant des impacts élevés (course, sauts, sports collectifs, etc.). Des AP de renforcement musculaire variés permettraient, en période de croissance, d'augmenter le pic de masse osseuse et chez la femme ménopausée, de limiter les risques d'ostéoporose et de fractures ostéoporotiques. Ces exercices peuvent être pratiqués dans le cadre d'AP de la vie quotidienne (montée d'escaliers, port de charge) ou de moments dédiés (Kelley et al. 2012).

Plus spécifiquement, chez l'enfant et l'adolescent, une pratique multi-activité semble nécessaire au moins 2 à 3 fois par semaine, intégrant des activités à impacts d'intensité élevée, supérieures à celle de la vie quotidienne (course, sauts) et du renforcement musculaire (intensité élevée).

Chez la femme ménopausée, une combinaison d'activités à impact (75 et 150 min en fonction de l'intensité) et de renforcement musculaire (résistance élevée) semble nécessaire, au moins 2 fois/sem.

Effet de l'activité physique et de la sédentarité sur le risque de maladies ostéoarticulaires

Arthrose

Les activités dynamiques en charge, d'intensité modérée à élevée sans impact important, n'entraînent pas de risque d'arthrose et pourraient avoir un effet positif sur le cartilage.

Ostéoporose

Activité physique

○ Chez l'enfant et l'adolescent :

- la pratique régulière d'activité physique à impact permet une augmentation significative de la masse et de la densité minérale osseuse. Cette pratique pourrait augmenter le pic de masse osseuse.

- le bénéfice de l'AP interviendrait particulièrement lors de la pré-puberté et de la puberté et serait moins efficace à la fin de l'adolescence, particulièrement chez les filles.

○ Tout au long de la vie :

- la pratique régulière d'une AP à impact est nécessaire pour maintenir la masse osseuse ; le maintien de ce capital osseux pouvant constituer un facteur de protection contre les fractures ostéoporotiques ;

- il ne semble pas exister d'effet dose-réponse mais des études sont encore nécessaires pour déterminer le seuil d'intensité, la fréquence, la durée de l'AP requis pour engendrer un bénéfice sur l'os.

○ La personne âgée, et plus particulièrement la femme ménopausée, est à risque d'ostéoporose et par conséquent à risque de fracture ostéoporotique :

- chez la femme ménopausée, l'activité physique à impact augmente la densité minérale osseuse (rachis, col fémoral et trochanter) et permettrait de diminuer le nombre de fractures. Ces effets se retrouveraient aussi chez les hommes âgés ;

- la combinaison d'activité physique à impact et de renforcement musculaire serait nécessaire.
- l'efficacité des exercices est fonction des caractéristiques des activités physiques (type et intensité) ;
- des études sont nécessaires pour confirmer la relation entre le gain de DMO et la diminution du risque de fractures grâce à l'activité physique.

Sédentarité

- Quelques études transversales réalisées chez des adolescents et chez l'adulte ont suggéré l'existence d'une relation négative entre la densité minérale osseuse et le comportement sédentaire.
- Des études longitudinales ou interventionnelles sont nécessaires pour confirmer ces données.

Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité

Chez l'enfant et l'adolescent :

- pratique multi-activité ;
- activités à impacts d'intensité élevée, supérieures à celle de la vie quotidienne (course, sauts) ;
- AP de renforcement musculaire : intensité élevée ;
- 2 à 3 fois par semaine.

Chez la femme ménopausée :

Combinaison d'activités :

- à impact (course à pied, saut, danse, etc.), entre 75 et 150 minutes par semaine, en fonction de l'intensité (élevée ou modérée) ;
- de renforcement musculaire, mouvements de la vie quotidienne ou d'exercices spécifiques (résistance élevée), au moins 2 fois par semaine.

3.3.8 Maladies neurodégénératives (maladies d'Alzheimer et de Parkinson)

La prévalence de pathologies neurodégénératives augmente radicalement avec l'avancée en âge (Bonaconsa et al. 2013). Plus de 50 % des sujets âgés de 85 ans présentent des troubles cognitifs qui vont de simples troubles de la mémoire non pathologiques jusqu'aux démences (INSERM 2008). Des facteurs génétiques et environnementaux contribueraient à l'apparition et au développement des pathologies neurodégénératives (Paulson and Igo 2011, Gao and Hong 2011, Zawia and Basha 2005, Logroscino 2005). L'atteinte de la fonction cérébrale génère des troubles cognitifs (notamment la mémoire au début du processus) ou moteurs. La forme la plus fréquente de démence (atteinte des fonctions cognitives) chez l'être humain est la maladie d'Alzheimer - la plus répandue des maladies neurodégénératives - tandis que la forme la plus fréquente des troubles moteurs est la maladie de Parkinson - deuxième maladie neurodégénérative la plus fréquente.

La prévalence des démences est en moyenne estimée à 6,4 % au-delà de 65 ans (Berr et al. 2007). Cette prévalence augmente avec l'âge pour atteindre 3 à 4 % entre 70 et 74 ans, 10 % entre 80 et 84 ans et près de 30 % au-delà de 90 ans. En France, le nombre de personnes souffrant de démence (tous types confondus) est estimé à 800 000 et ce nombre est appelé à augmenter dans les prochaines années. Les projections estiment à 1 million le nombre de patients

présentant une démence en 2025, et 1,7 million en 2050 (Mura et al. 2010). Le diagnostic de démence n'est bien souvent pas posé même à des stades sévères de la maladie, ce qui rend la prévalence de cette pathologie difficile à estimer. Ce constat se traduit probablement par une sous-estimation de la prévalence réelle de ces pathologies.

3.3.8.1 Maladie d'Alzheimer

La maladie d'Alzheimer se caractérise par une perte de neurones (et donc de synapses) dans le cortex cérébral et dans certaines régions sous-corticales. Cette perte neuronale engendre une atrophie des régions affectées telles que le lobe temporal, le lobe pariétal et une partie du cortex frontal et du gyrus cingulaire (Wenk 2003). Sur le plan clinique, la présence de plaques amyloïdes dans le néocortex et l'hippocampe est révélatrice de la maladie et correspond à l'accumulation extracellulaire du peptide β -amyloïde ou A β (ou β -APP i.e. β -amyloid precursor protein), qui est neurotoxique. La présence de protéines tau (tubule-associated unit) non éliminées formant des agrégats constitue par ailleurs un signe de dégénérescence neurofibrillaire (détérioration des microtubules qui forment le cytosquelette des axones) qui bloque le transport axonal en éléments biologiques nécessaire à l'activité du neurone.

3.3.8.1.1 Effet de l'activité physique sur le risque de survenue de la maladie d'Alzheimer

3.3.8.1.1.1 Expertise collective Inserm (2008)

Le rapport INSERM a suggéré une relation inverse entre l'activité physique (AP) et la maladie d'Alzheimer, en s'appuyant sur des études ayant montré que l'AP, pratiquée régulièrement, pourrait retarder l'apparition de la maladie ou ralentir sa progression (Friedland et al. 2001, Laurin et al. 2001, Larson et al. 2006, Wang et al. 2006).

3.3.8.1.1.2 Données récentes

Les données récentes ont confirmé les conclusions de l'Expertise collective Inserm (2008). Une revue systématique récente, ayant inclus 16 études prospectives, soit 163 797 participants sans démence, a conclu à une association inverse entre le volume d'AP et le risque de développer la maladie d'Alzheimer. Une diminution de 45 % a été rapportée entre les sujets les plus actifs et les sujets les moins actifs (RR = 0,55, IC_{95%} = [0,36 - 0,84], p = 0,006) (Hamer and Chida 2009). D'autres travaux ont confirmé cette relation dose-effet entre le niveau d'AP et le risque de démence ou de développer la maladie d'Alzheimer (Abe 2012, Buchman et al. 2012). Ainsi, comparés à des sujets actifs, les sujets inactifs présenteraient deux fois plus de risque de développer la maladie (Karceski et al. 2012).

Inversement, d'autres travaux ont montré que l'inactivité physique aggravait le risque de développer la maladie d'Alzheimer (Barnes et Yaffe 2011). Cette revue a étudié l'effet de différents facteurs de risque sur la prévalence de cette pathologie en considérant, la méta-analyse de Hamer et Chida (2009), deux revues systématiques (études longitudinales (Rolland et al. 2008) et des études randomisées contrôlées (Angevaren et al. 2009). Selon Barnes et Yaffe, l'inactivité physique favorise l'apparition de la maladie d'Alzheimer, de même que le diabète, l'hypertension, l'obésité, le tabagisme, la dépression, l'inactivité cognitive ou un faible niveau d'éducation. Ces auteurs ont estimé qu'environ 13 % des cas d'Alzheimer pourrait être attribué au manque d'AP (RR = 1,82). Une récente étude épidémiologique a abouti à un résultat très proche en montrant que 12,7 % et 20,3 % des cas de maladie d'Alzheimer respectivement dans le monde et en Europe en 2010 seraient attribués à l'inactivité physique (Norton et al. 2014).

Les données récentes montrent d'une part, qu'il y aurait une relation inverse entre la quantité d'activité physique pratiquée et le risque de développer la maladie d'Alzheimer, et d'autre part, que l'inactivité physique aggraverait ce risque.

3.3.8.1.1.3 Mécanismes neuroprotecteurs induits par l'exercice

L'effet neuroprotecteur de l'exercice sur les structures corticale, hippocampique et cérébelleuse (taille et nombre de cellules) a déjà été rapporté dans l'Expertise collective Inserm (2008) sur la base d'études réalisées chez le rat et la souris.

Etudes chez l'animal

Pour comprendre les mécanismes impliqués dans l'effet protecteur de l'exercice, des études réalisées avec des modèles animaux étaient nécessaires. Il a ainsi été montré que l'AP régulière d'intensité modérée à élevée réduit les effets délétères du stress oxydant sur le système nerveux central, augmente la vascularisation du cerveau et améliore le métabolisme énergétique (Archer 2011, Radak et al. 2010, Pérez and Carral 2008, Lange-Asschenfeldt and Kojda 2008). Elle permettrait la croissance des neurones, l'entretien des neurones matures et faciliterait ainsi la neurogenèse et la synaptogenèse, lesquelles amélioreraient la mémoire et la fonction cognitive (Li et al. 2013, Archer 2011, Radak et al. 2010, Pérez and Carral 2008, Lange-Asschenfeldt and Kojda 2008, Pereira et al. 2007, Yu et al. 2006). L'AP aurait donc un effet neuro-protecteur, en augmentant la production d'enzymes antioxydantes (particulièrement la superoxyde dismutase (SOD), l'expression de l'isoforme endothéliale de la synthétase du monoxyde d'azote (eNOS), de facteurs neurotrophiques dérivés du cerveau (BDNF), de facteurs de croissance des nerfs (NGF), de facteurs de croissance apparentés à l'insuline (IGF-1) et de facteurs de croissance endothélial vasculaire (VEGF). Cet effet neuro-protecteur se traduirait également par une réduction de la production d'espèces réactives dérivées de l'oxygène (ROS) et de corticostérone ainsi que de la concentration de plaques Amyloïdes- β ($A\beta$), notamment dans les zones cérébrales particulièrement impliquées dans les fonctions cognitives (notamment la mémoire), telles que l'hippocampe (Li et al. 2013, Erickson et al. 2011, Radak et al. 2010, Lange-Asschenfeldt and Kojda 2008, Vaynman et al. 2004).

Etudes chez l'homme

Chez l'homme, Erickson et al. (2011) ont étudié l'effet d'un entraînement aérobie sur le volume de l'hippocampe. Cette étude d'intervention a été réalisée sur des sujets non déments divisés en deux groupes, un groupe intervention (60 sujets) réalisant 3 séances hebdomadaires de 40 min à une intensité située entre 60 et 75 % de la fréquence cardiaque de réserve pendant un an, et un groupe contrôle (60 sujets) pratiquant des étirements. Une augmentation du volume hippocampique (+ 2 %) a été rapportée dans le groupe intervention, sachant que la perte annuelle liée à l'âge est de 1 à 2 % par an. L'amélioration du volume de l'hippocampe était associée à une augmentation de la concentration plasmatique en BDNF (Erickson et al. 2011). Pereira et al. (2007) ont mis en avant grâce à la technique IRM (imagerie par résonance magnétique) qu'un exercice physique de 40 minutes répété 4 fois par semaine (ergocycle, course sur tapis roulant, montée de marches) pendant 12 semaines a permis d'augmenter le débit sanguin cérébral dans le gyrus dentelé de l'hippocampe et de favoriser en filigrane sa neurogenèse (Pereira et al. 2007).

Un programme aérobie (3 séances d'1 h/sem pendant 6 mois) a généré une augmentation volumique des matières grise et blanche dans certaines régions corticales préfrontales et temporales (i.e. celles qui sont substantiellement détériorées sous l'effet de l'avancée en âge) chez des sujets âgés de 60 à 79 ans (Colcombe et al. 2006). Dans cette étude, les sujets du même âge qui ont réalisé un programme composé d'étirements et de renforcement musculaire n'ont pas bénéficié des mêmes adaptations corticales, mettant en évidence l'intérêt du type de pratique, et particulièrement de l'exercice d'endurance aérobie, dans le cadre de la prévention primaire de la maladie d'Alzheimer.

Par ailleurs, Lange-Asschenfeldt et Kojda (2008) ont souligné l'interconnexion entre la maladie d'Alzheimer, les facteurs de risques vasculaires et l'impact de dysfonctionnements cérébro-vasculaires et endothéliaux sur le développement de la maladie d'Alzheimer. Ils ont suggéré que les effets bénéfiques de l'exercice sur la vascularisation reposent sur le rôle activateur du monoxyde d'azote (NO) vasculaire et donc de la voie de l'isoforme endothéliale de la synthétase du NO (eNOS). Ces auteurs ont conclu que, outre son rôle sur la plasticité neuronale, une AP

régulière pourrait également neutraliser les facteurs physiopathologiques inducteurs de la maladie d'Alzheimer en favorisant le développement d'une réserve vasculaire.

Les effets neuroprotecteurs de l'activité physique aérobie repose sur l'accroissement du débit sanguin cérébral qu'elle induit, qui favoriserait la fonction neurotrophique et l'angiogénèse, la neurogénèse et la synaptogénèse au niveau des aires corticales préfrontales et temporales ainsi qu'au niveau de l'hippocampe.

3.3.8.1.2 Effets de la sédentarité sur le risque de survenue de la maladie d'Alzheimer

Les travaux publiés analysent essentiellement les effets de l'AP en comparant la quantité pratiquée par des groupes de sujets de différents niveaux, comparant principalement les effets de l'AP et de l'inactivité physique. Aucune étude ayant analysée spécifiquement les effets de la sédentarité sur le risque de survenue de la maladie d'Alzheimer n'a été identifiée lors de la recherche bibliographique.

3.3.8.1.3 Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité

Un effet dose-réponse a été démontré : plus le niveau d'AP augmente, plus le risque d'apparition de la maladie diminue. Cependant, les caractéristiques de l'AP liées à la nature de la sollicitation physiologique (stimulation du métabolisme énergétique, du système neuromusculaire, de la coordination motrice etc.), à la fréquence, à l'intensité et à la durée des séances ne sont pas encore clairement établies.

3.3.8.2 Maladie de Parkinson

Rarissime avant 45 ans, la maladie de Parkinson atteint les sujets plus âgés. On estime qu'1 % de la population est concernée après 65 ans, le pic de fréquence se situant autour de 70 ans. On compte environ 100 000 malades en France, et 8 000 nouveaux cas sont déclarés chaque année. Les hommes sont légèrement plus touchés que les femmes.

La maladie de Parkinson atteint les neurones situés au niveau des ganglions de la base et plus précisément ceux de la substance noire. Ces neurones sécrètent un neurotransmetteur, la dopamine, particulièrement impliquée dans le contrôle du mouvement et de la posture. Sur le plan fonctionnel, la perturbation de la voie dopaminergique engendre une bradykinésie (diminution de la vitesse de mouvement et du temps de réaction) ainsi qu'une rigidité et un tremblement corporels qui provoquent des déficits posturaux et locomoteurs (Falvo et al. 2008).

3.3.8.2.1 Effets de l'activité physique sur le risque de survenue de la maladie de Parkinson

L'Expertise collective Inserm (2008) a évoqué l'intérêt de l'AP pour la prise en charge des maladies neurodégénératives et notamment la maladie de Parkinson. Ce point a été peu développé dans l'expertise.

A l'instar de ce qui a été évoqué ci-dessus concernant la maladie d'Alzheimer, l'AP pourrait également jouer un rôle préventif dans l'apparition de la maladie de Parkinson (Alonso-Frech et al. 2011, Sutoo and Akiyama 2003). Des études observationnelles rétrospectives ont rapporté un risque inversement proportionnel au volume de pratique réalisée tout au long de la vie (respectivement, $RR = 0,7$, $IC_{95\%} = [0,5 - 1,1]$, $p < 0,007$ et $RR = 0,65$, $IC_{95\%} = [0,51 - 0,83]$, $p < 0,0001$) (Xu et al. 2010, Chen et al. 2005). Une revue systématique Cochrane (16 études prospectives, soit 163 797 participants sans démence) a également conclu à une relation inversement proportionnelle entre la quantité d'AP pratiqué et le risque de développer la maladie de Parkinson ($RR = 0,82$, $IC_{95\%} = [0,57 - 1,18]$, $p = 0,28$) (Hamer and Chida 2009). Toutefois, Chen et al. (2005), dans une étude ayant porté sur 48 574 hommes et 77 254 femmes, ont rapporté que

la relation directe entre le volume d'AP et le risque de développer la maladie de Parkinson serait significative uniquement chez les hommes. Ces auteurs ont inféré que l'effet du sexe repose sur des mécanismes encore inconnus qu'il conviendrait d'étudier dans le cadre de la prévention de cette pathologie.

A quelle période de la vie pratiquer et à quelle intensité ?

Une étude prospective, réalisée sur plus de 213 000 sujets, a analysé l'AP pendant 4 périodes de vie (15 à 18 ans, 19 à 29 ans, 35 à 39 ans et dans les 10 dernières années de vie) (Xu et al. 2010). Les auteurs ont conclu que l'AP serait associée à un risque diminué lors d'une pratique régulière entre 35 et 40 ans (OR = 0,62 ; IC_{95%} = [0,48 - 0,81], p < 0,005) et en fin de vie (OR = 0,65 ; IC_{95%} = [0,51 - 0,83], p < 0,0001) ; ce risque diminuait proportionnellement au volume de pratique pour une intensité modérée ou élevée. Le risque de survenue de la maladie serait diminué de 40 % chez les personnes ayant pratiqué lors de ces deux tranches d'âge, comparées aux personnes restées inactives.

Pour une durée de pratique identique, l'intensité de l'AP pourrait avoir une incidence sur le risque de développer la maladie. Un suivi longitudinal sur une année de 143 325 sujets a montré que les sujets qui pratiquaient, au moment de leur inclusion dans le protocole, une AP d'intensité élevée telle que le vélo, la danse ou le tennis présentaient un risque 40 % inférieur à ceux qui ne pratiquaient pas d'AP ou qui pratiquaient une activité comme la marche ou la danse à faible intensité (Thacker et al. 2008).

Par ailleurs, Chen et al. (2005) ont également précisé que les sujets prédisposés à développer cette maladie pourraient avoir naturellement tendance à éviter l'AP.

Mécanismes neuroprotecteurs induits par l'activité physique

Les études permettant de comprendre les mécanismes impliqués dans l'effet protecteur de l'exercice sont récentes et ont essentiellement été menées chez l'animal parkinsonien. Il a été montré que l'exercice a un effet protecteur sur la fonction dopaminergique chez l'animal parkinsonien en stimulant l'expression de plusieurs facteurs neurotrophiques (NTFs) et en stimulant l'angiogenèse (Zigmond et al. 2012). En réponse à l'exercice, la concentration de dopamine s'élève et les récepteurs à ce neurotransmetteur augmentent leur sensibilité (Zigmond et al. 2012). Plus précisément, l'exercice atténuerait l'altération des neurones dopaminergiques dans la substance noire et reconstituerait la fonction des ganglions de la base impliqués dans la programmation motrice par des mécanismes adaptatifs de neurotransmission de la dopamine et du glutamate (Speelman et al. 2011). Cette action serait liée à une élévation de la concentration de BDNF (Wu et al. 2011). Par ailleurs, l'hyperexcitabilité normalement observée dans les ganglions de la base serait amoindrie (Petzinger et al. 2010). A l'issue de 18 mois d'entraînement chez des souris parkinsoniennes, la perte de neurones produisant de la dopamine s'estompe significativement et l'altération de la coordination mouvement-équilibre régresse (Lau et al. 2011). Les investigations mécanistiques révèlent que la récupération neuronale et comportementale initiée par l'AP est associée à une amélioration de la fonction mitochondriale et une augmentation des niveaux cérébraux de BDNF et de glial cell line-derived neurotrophic factors (GDNF ou facteurs neurotrophiques dérivés des cellules gliales). Selon Lau et al. (2011), l'exercice induit une protection neuronale et mitochondriale et il augmente également la concentration de facteurs neurotrophiques au niveau de la substance noire (nigrostriatal neurotrophic factors) chez des souris parkinsoniennes victimes d'une neurodégénérescence modérée.

D'une manière générale, il existerait une relation inverse entre la quantité d'activité physique pratiquée et le risque de développer la maladie de Parkinson. Une activité physique pratiquée à une intensité élevée aurait un effet protecteur supérieur à une activité physique pratiquée à une faible intensité. Les mécanismes protecteurs liés à l'exercice

résulteraient d'un accroissement de la concentration de dopamine et de la sensibilité de ses récepteurs, ce qui pourrait atténuer l'altération des neurones dopaminergiques dans la substance noire et reconstituer la fonction des ganglions de la base impliqués dans la programmation et le contrôle du mouvement.

3.3.8.2.2 Effet de la sédentarité sur le risque de survenue de la maladie de Parkinson

La revue de Garraux (2008) a évoqué le risque de développer la maladie selon le type de profession (sédentaire contre physiquement sollicitant). L'auteur a mis en avant que les emplois sédentaires auraient un risque plus élevé de développer la maladie de Parkinson. Toutefois, la quantité d'AP des sujets en dehors de leur activité professionnelle n'a pas été considérée ici.

Sachant qu'il existerait une relation inversement proportionnelle entre le volume de pratique physique et le risque de développer la maladie de Parkinson, nous pouvons en déduire par voie de conséquence que les individus sédentaires seraient davantage exposés que les sujets actifs face à cette maladie mais cela reste à démontrer.

3.3.8.2.3 Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité

Il est actuellement difficile de donner les caractéristiques précises d'une AP favorable à la prévention de la maladie de Parkinson en termes de type d'activité, de fréquence, de durée et d'intensité des séances. Au regard de la spécificité de la maladie de Parkinson, la pratique d'activité physique devrait comporter outre des activités aérobies, des activités qui sollicitent les fonctions cognitives, sensorielles et motrices. Les exercices de coordination motrice demeurent de ce point de vue tout à fait adaptés. Les futurs travaux liés à cette thématique devraient étudier les effets de ce type d'exercice.

L'AP régulière diminuerait le risque de démence (RR = 0,72, IC_{95%} = [0,60-0,86], p < 0,001) (Hamer and China 2009) et pourrait retarder son apparition (Larson et al. 2006). Il est toutefois difficile à l'heure actuelle de définir précisément les effets potentiellement préventifs de chaque type d'exercice (aérobie, renforcement musculaire, étirements, équilibre, coordination, etc.) sur ces pathologies. Les futures études devront également déterminer l'impact des notions d'intensité, de durée, de fréquence de l'exercice, le moment de la journée propice et les périodes optimales (enfance, adolescence, adulte jeune, âge moyen, 3^{ème} et 4^{ème} âge) de pratique ainsi que la durée de ses effets dans le temps après interruption. Enfin, les effets de l'exercice pourraient éventuellement diverger selon le sexe du pratiquant.

Effets de l'activité physique et de la sédentarité sur les risques de maladies neurodégénératives

Maladie d'Alzheimer

- La pratique d'une activité physique régulière est associée à une diminution pouvant atteindre 45% du risque d'apparition de la maladie d'Alzheimer. Inversement, l'inactivité physique augmenterait les risques d'apparition de la maladie d'Alzheimer.
- Une relation dose-effet a été démontrée : plus la pratique est importante, plus le risque diminue.
- Chez l'animal et chez l'homme, une activité physique de type endurance, en augmentant le débit sanguin cérébral et en facilitant la vascularisation cérébrale, impacte différentes structures cérébrales impliquées dans la cognition.
- Des études supplémentaires sont nécessaires pour connaître le type, la fréquence, l'intensité d'activité physique nécessaire et l'effet de la sédentarité sur l'apparition de la maladie.

Maladie de Parkinson

- La pratique d'une activité physique régulière serait associée à une diminution du risque d'apparition de la maladie de Parkinson. Inversement, l'inactivité physique augmenterait les risques de développer la maladie.
- Certaines périodes de la vie semblent particulièrement efficaces pour permettre de diminuer le risque, notamment entre 35 et 40 ans et en fin de vie ; le risque étant diminué de 40 % pour les personnes ayant pratiqué lors de ces deux périodes.
- L'intensité de l'activité physique jouerait un rôle important : les effets ont été retrouvés pour une intensité modérée à élevée, ce qui n'est pas le cas pour une faible intensité.
- Des études supplémentaires sont nécessaires pour déterminer plus précisément l'effet de l'activité physique ainsi que le type, la fréquence nécessaire et l'effet de la sédentarité sur l'apparition de la maladie.

Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité

Les caractéristiques (type, durée, fréquence et intensité) de l'activité physique et de la sédentarité n'ont pas été déterminées.

3.3.9 Maladies autoimmunes

Les maladies auto-immunes (MAI) sont des maladies dans lesquelles les lésions observées sont dues à la mise en jeu d'une réaction immunitaire vis-à-vis des constituants du soi. Ces maladies traduisent la rupture des mécanismes de tolérance immunitaire qui contrôlent à l'état physiologique le niveau d'activation des lymphocytes T et B périphériques vis à vis des autoantigènes exprimés par les tissus de l'organisme. Ces maladies peuvent être schématiquement divisées en maladies auto-immunes spécifiques d'organes ou de tissus (comme les thyroïdites auto-immunes, la myasthénie et le diabète de type 1) et maladies auto-immunes non spécifiques d'organes, encore appelées maladies systémiques (comme le lupus érythémateux, la polyarthrite rhumatoïde).

La prévalence globale des MAI, même si certaines d'entre elles sont très rares, fait de ce groupe de maladies un problème de santé publique, au même titre que les maladies cardiovasculaires et cancéreuses. Ces maladies représentent la troisième cause de morbidité dans les pays développés. On estime leur prévalence globale aux alentours de 5 % : la prévalence de la polyarthrite rhumatoïde à 8/1000, du lupus érythémateux disséminé à 1/1000, de la sclérose en plaques à 0,1/1000.

Les mécanismes conduisant à une production d'autoanticorps pathogènes par une rupture durable de l'auto tolérance sont mal connus. La contribution indiscutable de facteurs génétiques et de facteurs environnementaux ainsi que les résultats obtenus dans les modèles expérimentaux de maladies auto-immunes montrent que cette rupture est multifactorielle. Les principaux mécanismes qui pourraient être impliqués, non mutuellement exclusifs, sont les suivants : des facteurs génétiques, en particulier certains gènes codant pour des molécules de classe II du complexe majeur d'histocompatibilité (CMH) ou des gènes codant pour des composants du complément ; des facteurs liés au sexe, probablement d'origine hormonale au détriment des femmes ; des facteurs extérieurs dont l'exposition aux radiations UV dans le lupus, peut-être certains agents infectieux, des expositions médicamenteuses ou à des toxiques.

Il n'y a actuellement aucune étude sur le rôle de l'activité physique en prévention primaire des pathologies d'origine auto-immune.

3.3.10 Santé mentale et qualité de vie

Depuis la prise conscience générale de l'intérêt de la pratique régulière de l'AP pour la santé, les recommandations en activité physique (AP) ont principalement concerné les bénéfices attendus sur la santé physique et sur la prévention de survenue de pathologies chroniques, dites « non-transmissibles ». Cependant, conformément à la définition de la santé que l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a proposée, cet état relève de trois domaines très complémentaires, la santé physique, la santé mentale, et la santé psychosociale (WHO 2006). C'est ainsi que la perception individuelle de l'état de santé physique et mental s'avère constituer une composante essentielle de l'état de santé d'une population (Rejeski et al. 1996).

Le problème de la santé mentale est de plus en plus prégnant au sein de nos populations. Les états de stress psychologique, fatigue chronique, dépression et anxiété sont très fréquents dans la population générale. Ces problèmes semblent affecter près d'un tiers de la population dans les pays européens, entraînant un coût annuel financier de près de 20 milliards d'euros (European Agency for Safety and Health at Work 2002). Les relations existant entre l'AP, les états d'anxiété et l'état de stress psychologique ont été étudiées dès la fin des années 1980 (Morgan and Goldston 1987).

Les facteurs de stress sont multiples (professionnels, familiaux, etc.). Par exemple, malgré les effets favorables de l'activité professionnelle sur la qualité de vie, la perception de soi, l'état de santé, ou l'intégration sociale, certains emplois peuvent avoir des conséquences potentiellement néfastes sur la santé, par la pénibilité induite et par l'état de stress professionnel, qui peut affecter la santé mentale. Des organismes internationaux ont estimé à 40 % la proportion de travailleurs américains qui considèrent que leur emploi est « stressant », que c'est le facteur le plus stressant

de leur quotidien, et les 3/4 d'entre eux considèrent que ce constat s'aggrave de génération en génération (Centers for Disease Control and Prevention 1999). Les états de stress non-compensé qui en résultent peuvent avoir des conséquences cliniques directes sur des manifestations cliniques de pathologies psychiatriques, ou sur le développement de pathologies chroniques.

Les états de stress ont des conséquences médicales diverses. D'une part, le stress perçu par l'organisme majore la production de cortisol ce qui constitue un facteur de risque d'obésité. D'autre part, une perception individuelle importante du stress psychologique a été associée à une hausse de la prévalence de désordres alimentaires (prises alimentaires répétées), un faible niveau d'AP et d'exercices ainsi que des déplacements actifs (marche) peu fréquents (Figure 22 ; Barrington et al. 2012).

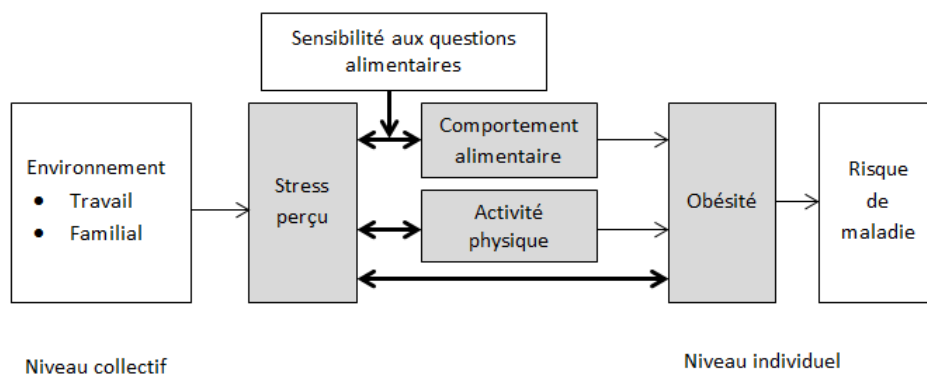


Figure 22. Représentation des relations entre stress psychologique, activité physique, facteurs de risque nutritionnels et obésité (adapté de Barrington et al. 2012).

Les états de stress se caractérisent aussi par des manifestations psychologiques et psychiatriques dont l'une des plus graves est l'état d'épuisement mental, physique et émotionnel (« *burnout* »). Le *burnout* résulte d'un stress professionnel prolongé et se traduit par une perte de motivation, d'investissement personnel dans son emploi, ainsi que d'une autodépréciation (Maslach and Jackson, 1981). Les états de stress ont d'autres conséquences sanitaires, notamment sur l'apparition d'affections psychiatriques de gravités très variables, sous la forme d'états d'anxiété ou d'épisodes dépressifs. Le rôle péjoratif joué par les états de stress psychologique a particulièrement bien été démontré sur la survenue d'états dépressifs de gravité variable (Hammen 2005). *Burnout* et dépression semblent donc être intimement liés comme conséquences du stress, ce qui pour certains auteurs, a permis de poser la question d'une certaine redondance dans leur identification nosologique (Glass and McKnight, 1996). La différence fondamentale entre ces deux pathologies réside cependant dans leurs circonstances de survenue, le *burnout* étant une conséquence du stress au travail, la dépression étant d'origine multifactorielle.

Les conséquences économiques du stress professionnel ne sont pas négligeables, notamment sur l'absentéisme et l'efficacité au poste de travail, et c'est ce qui conduit à envisager d'avoir recours à des thérapeutiques non-médicamenteuses, dont l'AP.

3.3.10.1 Effet de l'activité physique

3.3.10.1.1 Expertise collective Inserm (2008)

Les effets de l'AP sur l'anxiété, le bien-être, l'estime de soi et la qualité de vie ont été synthétisés dans l'Expertise collective Inserm (2008), pour les états de stress, le bien-être et la qualité de vie. Ce rapport a conclu que l'anxiété d'état constatée avant la pratique d'AP, et induite en particulier par des situations de stress, décroît rapidement après environ 20 minutes d'AP, entraînant un état de relâchement et de bien-être qui persiste après la fin de la pratique. L'AP d'intensité modérée

apparaît bien avoir un effet favorable à court terme sur des états d'anxiété. Ce rapport suggérait par contre que la pratique physique intensive pouvait au contraire déclencher rapidement une augmentation de l'anxiété d'état et provoquer des réactions de stress chez des populations anxieuses, en faible condition physique ou âgées.

En référence aux publications incluses dans cette expertise, il a été conclu que « la pratique régulière d'une activité physique modérée contribue au bien-être subjectif et à la qualité de vie globale des personnes, y compris dans les populations spécifiques, en agissant sur les facteurs qui interviennent sur ces dimensions intégrées ».

3.3.10.1.2 Données récentes

3.3.10.1.2.1 *Activité physique et santé mentale*

Etudes d'observation

Les enquêtes sanitaires dans le monde du travail ont permis d'établir des associations entre l'état de santé mentale et le niveau d'AP. Au cours du suivi sur 3 ans d'une population de 1747 employés de 34 sociétés, une étude a montré que plus la fréquence de pratique d'AP de loisir d'intensité élevée était importante, plus faible était le risque de développer un épisode dépressif (Bernaards et al. 2006). Dans cette étude, l'intensité était rapportée par les sujets et reposait sur la production de sueurs. L'effet protecteur de la pratique d'AP de loisir d'intensité élevée, 1 à 2 fois/sem, vis-à-vis de la survenue de manifestations cliniques du stress psychologique et émotionnel, ont été retrouvées chez les employés ayant un emploi sédentaire, les effets protecteurs n'étant pas retrouvés chez les sujets ayant un emploi physiquement contraignant (Bernaards et al. 2006). Dans cette étude, la pratique d'AP d'intensité élevée semblait protéger contre le risque de survenue d'un état de *burnout* chez les sujets qui exercent une profession sédentaire ; les auteurs ont fait les mêmes constats vis à vis du risque de survenue d'épisodes dépressifs. Enfin, une enquête réalisée sur plus de 3 200 employés, hommes et femmes, a permis de montrer que le *burnout* était plus fréquent chez les sujets en surpoids, consommant plus d'alcool et étant les niveaux les plus faibles d'AP de loisir (Ahola et al. 2006).

Une enquête récente réalisée parmi le personnel soignant a particulièrement bien mis en évidence le rôle potentiel de l'AP sur la prévention de l'incidence de signes cliniques de dépression ou d'anxiété (Henwood et al. 2012). Cette étude réalisée sur plus de 2 200 infirmières a montré que celles le plus touchées par des signes de dépression ou d'anxiété étaient celles ayant un travail contraignant et pratiquant moins de 30 min/j d'AP de loisir d'intensité modérée. Au cours d'une autre étude portant sur 150 infirmières et sages-femmes, le niveau de stress psychologique et de stabilité émotionnelle pendant le travail a pu être associé avec l'absence de toute pratique d'exercices et d'AP de loisir. A l'inverse, une pratique même très irrégulière a été associée avec une meilleure tolérance des contraintes psychologiques (Mollart et al. 2013).

L'intérêt d'une pratique régulière afin de limiter l'anxiété et améliorer le bien-être mental ont été récemment synthétisés dans une revue de question destinée à identifier les effets de l'AP sur de multiples manifestations cliniques du stress (Asmundson et al. 2013). Une large étude conduite sur plus de 5 800 sujets a mis en évidence une relation inverse, entre la pratique régulière de l'AP et la prévalence de manifestations dépressives ou d'anxiété (crises de panique, phobie sociale, phobies spécifiques, etc.) (Goodwin 2003) ; cependant, le type, la durée et l'intensité de l'AP n'étaient pas précisés dans cette étude.

Par ailleurs, une étude a permis de suivre plus de 3 700 personnels de santé sur une période de 6 ans, avec un recueil par questionnaire des changements individuels de pratique d'AP de loisir en 4 occasions pendant cette longue période ; l'augmentation spontanée de la pratique a été associée à une réduction des signes cliniques de dépression, d'anxiété ou de *burnout*, eux aussi évalués par questionnaire (Lindwall et al. 2014). Cette étude a mis en évidence au plan individuel, et non plus de cohortes, que toute variation du niveau d'AP de loisir est associée avec une modification de l'incidence de signes cliniques de stress.

Etudes d'intervention

Des plans d'intervention ont été proposés en entreprises, afin de limiter les effets sanitaires des états de stress liés au travail ; d'une manière générale, les interventions personnalisées et individualisées ont un impact plus marqué sur la santé mentale que les interventions basées sur des ajustements de l'organisation du travail (Bhui et al. 2012). De même, les interventions les plus probantes sur la réduction de l'absentéisme lié aux états de stress sont celles qui permettent de promouvoir la pratique de l'AP (Conn et al. 2009). Cette méta-analyse colligeant les articles publiés entre 1969 et 2007 sur les effets sanitaires de la promotion de l'AP en entreprise, a permis de regrouper des études incluant plus de 38 000 sujets ; malgré une importante hétérogénéité de ces études (mesure de l'AP pendant le temps de travail, nombre de sujets, et évaluation des effets sur la santé), les interventions sur les lieux de travail afin de promouvoir l'AP minimisaient l'absentéisme et la perception du stress psychologique et influaient positivement sur le niveau de satisfaction au poste de travail (Conn et al. 2009). Dans le but d'améliorer l'état de santé de travailleurs soumis à un stress physique, psychologique ou social important, une étude conduite sur plus de 870 travailleurs a évalué l'efficacité d'un programme intégré de prise en charge physique et psychologique comparés à 2 440 sujets contrôles. Cette étude n'a pas permis d'identifier d'amélioration sensible de la perception individuelle de l'état de santé physique et mentale, évalué par questionnaire, aussi bien à court (1,7 année) qu'à moyen terme (5,8 années), ce qui souligne les limites d'efficacité de certains programmes d'intervention sur la maîtrise du stress (Saltychev et al. 2011).

Une méta-analyse reprenant 46 articles a montré que des programmes de promotion de la santé mis en œuvre sur les lieux de travail, amélioraient le bien être mental (RR = 1,39, IC_{95%} = [0,98 - 1,91]), mais pas obligatoirement la perception de l'état de santé physique (Kuoppala et al. 2008). Par contre, dans ces programmes intégrés qui prennent en compte l'amélioration de l'environnement, du poste de travail, le soutien psychologique, etc., la promotion de l'AP améliore de manière spécifique le bien-être général (RR = 1,25, IC_{95%} = [1,05 - 1,47]) et l'efficacité au poste de travail (RR = 1,38, IC_{95%} = [1,15 - 1,66]) (Kuoppala et al. 2008). Les programmes d'AP proposés dans les études prises en considération dans la méta-analyse reposent le plus souvent sur des exercices physiques en groupe, d'endurance et de renforcement musculaire, à raison d'une heure 2 à 3 fois par semaine.

Les études d'intervention ont par ailleurs renforcé l'intérêt de l'AP dans le traitement des manifestations cliniques d'anxiété. Chez des patients présentant différents tableaux cliniques d'anxiété, la pratique régulière d'exercices physiques aérobies a induit dans un premier temps une majoration des manifestations psychologiques qui peut se traduire par un arrêt de la pratique (Broocks et al. 1998). Cependant, avec le temps, l'effet favorable de la pratique de l'exercice apparaît, et on observe alors de manière très reproductible une diminution de l'anxiété (Merom et al. 2008). La même évolution de l'anxiété a été constatée, avec une amélioration notable de sa perception individuelle, dès lors que les sujets persistaient dans leur pratique (Cassilhas et al. 2010, Tsutsumi et al. 1998). Une méta-analyse incluant 49 études randomisées a permis d'évaluer les effets de l'AP sur l'anxiété (Wipfli et al. 2008). La taille de l'effet atteint avec l'AP, comparé à l'absence de traitement, ou à la mise en œuvre de thérapies non-pharmacologiques, a été suffisamment élevée (taille : -0,48 ; IC_{95%} = [-0,63, -0,33]) pour justifier que l'AP puisse être considérée comme une « thérapeutique » très fortement recommandable (niveau 1, grade A).

Les exercices de posture (type yoga) et les mouvements de Tai Chi semblent présenter un intérêt pour la maîtrise des états d'anxiété. Une étude interventionnelle chez des personnes sans antécédent neuropsychiatrique, a comparé les effets de ces pratiques (i.e., deux types d'AP ajustées en dépense énergétique, reposant soit sur une séance de marche, soit sur une séance de yoga) sur la réduction de l'anxiété et sur la stabilité émotionnelle (Streeter et al. 2010). Après une période d'observation de 12 semaines de pratique de 3 séances hebdomadaires de 60 min, les effets des séances de yoga sur la réduction de l'anxiété ont été plus marqués que ceux des séances de marche. De plus, les effets favorables du yoga sur la stabilité émotionnelle ont été corrélés avec des augmentations significatives des taux d'acide γ -aminobutyrique (GABA) dans le

thalamus mesurés par spectroscopie RMN, alors qu'on a décrit une baisse de ce neuromédiateur au cours des états d'anxiété (Streeter et al. 2010).

3.3.10.1.2.2 *Activité physique et qualité de vie*

Klaverstrand et Vingard (2009) ont réalisé une revue systématique des publications entre 2000 et 2007. Dix études ont été retenues pour les analyses, soit 5 études transversales observationnelles, 4 études de cohorte et randomisées contrôlées et une étude combinant une approche transversale à une approche longitudinale. Quel que soit le type d'étude considéré, une association positive a été observée entre la qualité de vie liée à la santé et l'AP des personnes. Par exemple, dans une étude transversale ayant impliqué 175 850 personnes, la probabilité d'avoir été pendant 14 jours et plus en mauvaise santé était de 35 % (OR = 0,65 ; IC_{95%} = [0,60 - 0,77]), 60 % (OR = 0,40 ; IC_{95%} = [0,36 - 0,45]) et 59 % (OR = 0,41 ; IC_{95%} = [0,36 - 0,46]) plus faible chez les sujets physiquement actifs (i.e., 30 min/j d'une AP d'intensité au moins modérée ou au moins 20 min/j d'une AP d'intensité élevée au moins 3 fois/j) de 18-44 ans, 44-64 ans et > 64 ans, respectivement lorsqu'ils étaient comparés à leurs pairs inactifs (Brown et al. 2003). En revanche, les sujets engagés dans des périodes plus longues d'AP (90 min/j) semblaient avoir également de faibles scores de qualité de vie liée à la santé, suggérant une relation en U (Brown et al. 2003). En revanche, les sujets engagés dans des périodes plus longues d'AP (90 min/j), 7 jours par semaine, et d'intensité élevée semblaient avoir également des scores de qualité de vie liée à la santé un peu plus faibles que ceux qui respectent les recommandations internationales de pratique régulière de l'AP (Brown et al. 2004). Une étude transversale menée en France a montré une relation positive entre la qualité de vie liée à la santé et les AP de loisir (Vuillemin et al. 2005). Cette relation est restée significative même après la prise en compte de variables sociodémographiques, le mode de vie et les données géographiques. En ce concerne les études de cohorte considérées dans cette revue systématique, Tessier et al. (2007) ont montré, après ajustement sur la situation sociodémographique, le mode de vie et les variables géographiques, que l'augmentation de 1 h/sem des AP de loisir était associée à 0,17 point de vitalité supplémentaire et 0,15 point additionnel sur la santé mentale des hommes. Chez les femmes, cette même augmentation se traduirait par 0,39 ; 0,28 ; 0,40 et 0,23 point additionnel de vitalité, de santé mentale, de fonctionnement social et de score composite de santé mentale, respectivement. Enfin, à l'issue d'un essai randomisé contrôlé (ERC de 13 semaines) impliquant des adultes de 36-45 ans, Brand et al. (2006) ont rapporté que le score moyen de qualité de vie a augmenté ($p = 0,001$) de 13,7 points dans le groupe expérimental ($n = 52$) contre 2,2 points dans le groupe contrôle ($n = 58$) après ajustement sur les différences observées à la ligne de base et le sexe.

Bien que les résultats soient en faveur d'un effet favorable de l'AP sur différentes dimensions de la qualité de vie et de santé mentale, les auteurs de la revue systématique suggèrent que la qualité méthodologique de la majorité des études retenues ainsi que leur nombre restent faibles pour faire de cette observation une conclusion définitive (Klaverstrand and Vingard 2009).

3.3.10.1.2.3 *Quels types d'AP pour la santé mentale et la qualité de vie ?*

Pour la prévention de survenue de la dépression, de l'anxiété et des conséquences cliniques des états de stress, les conditions dans lesquelles l'AP est pratiquée semblent jouer un rôle important ; c'est l'AP de loisir qui joue le rôle de prévention le plus complet et le plus efficace sur l'amélioration de la qualité de vie (Jurakic et al. 2010). Ce constat a été réalisé de manière reproductible au cours de toutes les enquêtes d'observation. Une étude réalisée sur près de 2 000 personnes, mettant en relation l'AP réalisée dans le cadre de sa profession ou de loisirs, et la prévalence de signes cliniques de dépression, a permis de confirmer l'effet protecteur de l'AP de loisir, avec une réduction de 50 % de cette prévalence dès lors que l'AP quotidienne excède 7 500 pas (McKercher et al. 2009). Cet effet protecteur de l'AP sur la prévalence de la dépression n'est retrouvé de manière marquée que chez les femmes (mais la prévalence de la dépression reste faible chez l'homme), et surtout, uniquement lorsque l'AP est réalisée dans le cadre des loisirs. A

l'inverse, il existe une relation positive entre l'AP réalisée dans le cadre du travail et la prévalence de la dépression, toujours chez les femmes.

Une méta-analyse récente a permis d'évaluer les bénéfices socio-psychologiques potentiels de la pratique d'activités sportives (Eime et al. 2013) confirmant le rôle joué par la pratique du sport sur la réduction des conséquences du stress psychologique sur la santé, sur le bien-être et sur la santé mentale. Comparativement aux sports individuels, ce sont les sports collectifs pratiqués en clubs qui présentaient les bénéfices sanitaires les plus complets.

Certaines études ont rapporté une efficacité des AP de posture (type Tai Chi, yoga). Une première méta-analyse considérant des articles publiés en langues anglaise et chinoise a permis d'évaluer les effets du Tai Chi sur différentes composantes et conséquences psychologiques du stress (Wang et al. 2010). Bien que de qualité méthodologique modeste, des programmes de Tai Chi de 10 à 24 semaines diminuent le stress psychologique perçu estimé par le biais de questionnaires, chez des sujets sains, ou porteurs de pathologies chroniques autres. Des résultats similaires, obtenus au cours de 19 études (de qualité méthodologique qualifiée de modeste) ont été observés sur des marqueurs psychologiques d'anxiété et de dépression (Wang et al. 2010). Une méta-analyse plus récente a permis d'examiner l'intérêt potentiel du Tai Chi sur l'amélioration de la santé mentale (Wang et al. 2014). Face aux mêmes difficultés de rigueur méthodologique des études, les auteurs ne retiennent que 3 études randomisées contrôlées qui confirment l'amélioration des manifestations dépressives chez des sujets pratiquant le Tai Chi (taille de l'effet = 5,97 ; intervalle de confiance 95 %, -7,06 à -4.87). Au même titre que le Tai Chi, le Qi gong représente une activité de coordination et de relaxation dont on a montré l'intérêt pour la gestion des effets psychologiques du stress, pour la réduction des manifestations d'anxiété et de dépression (Abbott et al. 2013).

Ainsi, la pratique d'une AP régulière permet de lutter contre le stress psychologique, l'anxiété et de limiter les risques de dépression. Un effet-dose a été suggéré : plus la fréquence de pratique d'AP de loisir d'intensité élevée était importante, plus faible était le risque de développer un épisode dépressif. La pratique d'AP serait particulièrement efficace pour lutter contre le stress au travail, le risque de dépression et de *burnout*, chez les personnes ayant un emploi sédentaire. Une pratique à une intensité élevée, 1 à 2 x/sem, serait nécessaire.

Sur le stress, les AP de loisirs aurait un effet protecteur plus important. Les études ont rapporté l'intérêt d'AP aérobies, associée à du renforcement musculaire, sur l'amélioration de ces facteurs. Certaines études ont rapporté une efficacité des AP de posture (type Tai Chi, yoga). Il a également été relevé que l'absence d'AP ou moins de 30 minutes par jour augmente le niveau de stress psychologique et d'anxiété et les risques dépression.

Certaines études ont mis en avant les effets de l'AP en milieu professionnel : diminution de l'absentéisme, de l'anxiété et du stress perçu et augmentation du niveau de satisfaction, amélioration du bien-être mental. Par ailleurs, la promotion de l'AP serait plus efficace que l'ajustement de l'organisation du travail sur ces différents éléments.

De même, la pratique régulière d'AP est associée au bien-être. Un bénéfice de la pratique régulière a été rapporté jusqu'à 90 minutes d'AP quotidienne à intensité élevée. Au-delà, des scores de qualité de vie plus faibles ont été retrouvés, suggérant une relation dose-effet en U. Les AP de loisirs semblent particulièrement efficaces pour améliorer la qualité de vie.

3.3.10.1.3 Mécanismes d'action de l'activité physique

Les mécanismes par lesquels l'AP régulière exerce ses effets anxiolytiques restent peu étudiés. Un certain nombre d'hypothèses ont été proposées :

- la banalisation des effets secondaires du stress : l'AP reproduit certaines des réponses physiologiques au stress psychologique, comme l'élévation de la fréquence cardiaque, la respiration haletante, la production de sueurs, etc. La reproduction au cours de l'AP, de ces effets secondaires qui surviennent au cours des épisodes d'anxiété, contribuerait à banaliser des sensations jugées comme inconfortables ;

- la production de β -endorphines, d'ACTH, de nombreux peptides opioïdes dotés de propriétés analgésiques modèrent l'état d'excitabilité du système nerveux central associé à l'anxiété ;

- l'un des effets les plus marqués de la pratique régulière de l'AP est la réduction de l'activité de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien (axe HPA), activité qui tend à être majorée dans les états de stress et d'anxiété. Cette conséquence de l'AP sur l'activité de l'axe HPA contribue à réduire la production de cortisol et de catécholamines et à minimiser les effets systémiques du stress émotionnel (Salmon 2001) ;

- la correction des faibles niveaux de production de BDNF (Brain-Derived Neurotrophic Factor, facteur neurotrophique dérivé du cerveau) observés chez les sujets anxieux. Les sujets connus pour présenter des épisodes d'anxiété, ont des concentrations plasmatiques faibles de BDNF (Ströhle et al. 2010). Le niveau d'expression du BDNF dans l'hippocampe, ainsi que sa concentration plasmatique ont été par ailleurs associés à la réponse individuelle aux méthodes de psychologie clinique de traitement de l'anxiété que sont les expositions aux stimuli intéroceptifs ; on connaît d'autre part, les effets de l'AP régulière sur la production de BDNF. Ainsi, l'amélioration des états d'anxiété par l'AP pourrait aussi être en partie expliquée par l'augmentation attendue de la production de BDNF dans certaines régions du cerveau ;

- production de GABA dans le thalamus : une diminution de l'activité des réseaux de neurones GABAergiques a été décrite dans de nombreuses maladies mentales (Brambilla et al. 2003). L'efficacité de certaines activités douces comme le yoga repose sur une augmentation significative des taux de GABA dans le thalamus mesurés par spectroscopie RMN (Streeter et al. 2010).

3.3.10.1.4 Influence du stress psychologique sur la pratique d'activité physique

Les états de stress psychologique et d'altération de la santé mentale auraient des conséquences directes sur la pratique régulière d'AP. Une revue systématique de 168 articles publiés jusqu'à fin 2012 a permis d'analyser l'influence du stress sur la pratique des différentes modalités d'AP (Stults-Kolehmainen et Sinha 2014). Malgré la grande hétérogénéité des études, les auteurs ont conclu à une diminution de l'AP et de l'exercice en cas de stress psychologique ; 73 % de la totalité des études retenues concluent à une diminution de la pratique de l'AP avec la survenue d'un état de stress. La très grande majorité des études qui intègrent des mesures objectives du stress (86 %) ont conclu à cette association inverse entre stress et pratique de l'AP, bien que quelques études prospectives (18 %) aient montré un impact positif du stress sur l'AP. Il semblerait donc que les états de stress exercent en général une influence négative sur le niveau de pratique spontanée de l'AP. Les auteurs ont suggéré que les personnes régulièrement actives pratiquent davantage en situation de stress, les personnes peu actives pratiquant moins.

Concernant le milieu professionnel, une enquête réalisée sur plus de 850 travailleurs d'âge variable a montré une relation entre le niveau de sécurité de l'emploi (emploi à temps complet, vs. à temps partiel (non volontaire), vs. chômage), l'état de stress psychologique et le niveau de pratique d'AP ($p < 0,005$). Les ouvriers employés à temps plein étant ceux ayant le niveau de pratique le plus élevé (Rosenthal et al. 2012). Une analyse statistique spécifique a démontré que les effets de l'insécurité de l'emploi sur la santé étaient induits par l'état de stress qui influe en

partie sur les facteurs comportementaux à risque de maladies chroniques, dont le faible niveau d'AP, la consommation d'alcool et de tabac.

3.3.10.2 Effets de la sédentarité sur la santé mentale

Il n'existe pas d'étude épidémiologique permettant d'évaluer le rôle spécifique joué par la sédentarité sur la santé mentale.

3.3.10.3 Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité

Concernant l'AP, la pratique d'AP cardio-respiratoires et de renforcement musculaire semble conférer les effets les plus marqués sur la réduction de la prévalence de signes de dépression (Rethorst et al. 2009). Cette méta-analyse, ayant inclus 58 études d'observation et d'intervention, a mis en évidence la plus grande efficacité de programmes d'AP combinant exercices aérobies et renforcement musculaire que des programmes développant l'une ou l'autre de ces aptitudes. Des études ont tenté de déterminer la quantité et l'intensité optimales d'AP à recommander afin d'améliorer la santé mentale et limiter les effets du stress psychologique. La méta-analyse de Teychenne et al. (2008) a rassemblé 27 études d'observation et 40 études d'intervention qui évaluaient les relations entre les durées/fréquences hebdomadaires des séances d'AP et les manifestations dépressives. La grande majorité des études retenues a mis en évidence une relation inverse entre la quantité d'AP hebdomadaire et les signes de dépression ou d'anxiété (5 études sur 7 qui ont évalué les effets de programmes d'AP variant par les durées/fréquences hebdomadaires des séances). Pour une des études retenues dans cette méta-analyse, on retrouve un effet dose avec une réduction des manifestations de stress dès les faibles volumes d'AP pratiqués (Annesi et al. 2004).

Les études d'observation ont suggéré que 20 à 30 minutes d'AP, 3 fois par semaine, réduisaient de manière significative le risque de dépression (Hassmen et al. 2000, Thirlaway et Benton 1992, Rethorst et al. 2009), des durées plus longues pour chaque séance, ou des durées hebdomadaires plus longues n'apportaient pas de bénéfice supplémentaire (Wise et al. 2006, Rethorst et al. 2009), ou même parfois des effets moins marqués sur la réduction du risque de dépression (Hassmen et al. 2000). Par contre, les AP d'intensité élevé paraissaient plus efficaces sur la prévention de survenue de la dépression que les AP d'intensité modérée (Lampinen et al. 2000, Wise et al. 2006), même si comparativement à des sujets sédentaires, l'AP, même d'intensité faible à modérée, a un effet protecteur sur la survenue de dépression. Enfin, une majorité d'études d'AP d'intensité modérée réduisent l'incidence de manifestations dépressives, mais de manière similaire aux programmes basés sur des AP de faible intensité (Teychenne et al. 2008).

Une méta-analyse colligeant 104 études a permis de montrer que ce sont les programmes d'AP les plus longs, durant au minimum plus de 16 semaines qui sont associés avec les effets les plus marqués sur la réduction de l'anxiété (Petruzzello et al. 1991). Ce sont par ailleurs les programmes reposant sur des AP d'une durée supérieure à 20 min qui sont les plus efficaces sur la réduction des états anxieux. Une méta-analyse récente a permis de conseiller la pratique de 3 à 4 séances par semaine, fréquence intermédiaire entre une programmation plus espacée et des exercices quotidiens, statistiquement moins efficaces sur la réduction de l'anxiété (Wipfli et al. 2008).

Ainsi, en prévention de l'anxiété, de la dépression et pour améliorer le bien-être et la qualité de vie, une pratique régulière d'AP semble nécessaire, à raison de séances supérieures à 20 min, à répéter 3 à 4 fois par semaine.

Effets de l'activité physique et de la sédentarité sur la qualité de vie et le bien-être

Activité physique

Les données récentes ont conforté les conclusions de l'Expertise collective Inserm (2008) :

- La pratique régulière d'activité physique d'intensité modérée à élevée exerce un effet protecteur vis à vis de la survenue du stress psychologique, de l'anxiété, les manifestations de dépression et de la qualité de vie.
- Des bénéfices sur la santé mentale sont observés dès les faibles niveaux de pratique.
- Si les activités physiques d'intensité modérée ont un bénéfice plus marqué sur la santé mentale que les exercices de faible intensité, il est rare d'observer un effet-dose.
- Dans la majorité des études, l'importance du stress psychologique induit une baisse de la pratique d'activité physique.
- Des durées de 30 min/jour d'activité physique d'intensité modérée ou 20 min/jour d'activité physique d'intensité élevée semblent se rapprocher de l'optimum. Des durées d'activité physique plus longues induiraient une diminution de la qualité de vie (au-delà de 90 min/jour d'activité physique d'intensité élevée, tous les jours). Ceci suggère une relation entre l'activité physique et la qualité de vie en population générale en forme de U.
- En milieu professionnel, la promotion de l'activité physique constituerait l'intervention la plus efficace pour améliorer la santé mentale, le bien-être général et l'efficacité au poste de travail. Chez les personnes ayant un emploi sédentaire, la pratique permet de diminuer le stress perçu, le risque de dépression et de *burnout*.
- Chez les enfants et les adolescents, peu d'études ont examiné l'association entre la qualité de vie, les symptômes dépressifs et l'activité physique. Les données existantes montrent des résultats contrastés en ce qui concerne les relations entre l'activité physique des jeunes et leur qualité de vie. En revanche, l'exercice physique permettrait de réduire la dépression et l'anxiété dans la population générale des enfants et adolescents.
- Chez les femmes en période de grossesse et de post-partum, le maintien d'une activité physique régulière est favorablement associé à leur qualité de vie. Plus spécifiquement, dans la population de femmes enceintes obèses, les femmes physiquement actives présentent moins de symptômes dépressifs que leurs paires inactives ou sédentaires.

Sédentarité

Le manque de données disponibles ne permet pas de conclure quant à l'impact du comportement sédentaire sur la qualité de vie et le bien-être.

Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité

- Combiner les AP de développement des capacités cardio-respiratoires (aérobies) et de renforcement musculaire.
- Favoriser les activités de loisir
- Malgré les faibles qualités méthodologiques des études actuellement disponibles, il semble que les activités de coordination et de relaxation comme le Tai Chi, le Qi gong présentent un réel intérêt par le maintien de la santé mentale.

3.3.11 Phénomènes de compensation de l'activité physique par la sédentarité

Dès les années 1980, Epstein et Wings (Epstein and Wing 1980) ont suggéré qu'une diminution de l'AP non liée à l'exercice pourrait compenser l'AP prescrite lors d'un programme d'AP régulier. En fait, les études qui avaient rapporté une diminution de la dépense énergétique (DE) non liée à l'exercice ou de l'AP non liée à l'exercice en réponse à un programme d'AP aérobique prescrit étaient des études non randomisées, réalisées sur de petits échantillons (< 15 par groupe) de sujets adultes en surpoids ou obèses (Meijer et al. 1999) ou chez des sujets âgés (> 55 ans) (Morio et al. 1998). Ainsi la DE totale était inchangée chez des sujets d'âge moyen et chez des sujets âgés des deux sexes en réponse à 8 sem d'entraînement en endurance (Goran and Poehlman 1992) ou à 12 sem d'entraînement combiné (endurance et renforcement musculaire) (Meijer et al. 1999) ou à 14 sem d'entraînement aérobique d'intensité modérée chez des sujets âgés (Morio et al. 1998). Cependant, des articles plus récents ont montré sur les mêmes catégories de sujets que précédemment qu'un programme d'AP supervisé s'accompagnait d'une augmentation de la DE totale des 24 h du fait de la DE supplémentaire liée à l'AP prescrite, sans variation compensatoire du reste de la DE des 24 h. Surtout, dans ces études, l'analyse discriminante des différents composants de la DE en termes d'AP (AP prescrite et AP non prescrite/de la vie quotidienne) (Meijer et al. 1999) et la mesure du temps de sédentarité n'ont pas montré de phénomène de compensation de l'AP supervisée par une diminution de l'AP spontanée et/ou une augmentation du temps de sédentarité. Ainsi, à l'exception de l'étude de Morio et al. (1999) qui a rapporté une diminution de la DE non liée à l'AP mesurée par un questionnaire estimant l'AP des 7 derniers jours en réponse à un programme d'AP d'intensité modérée sur cyclo-ergomètre (3j/sem pdt 14 sem) chez des sujets âgés (en moyenne 63 ans et sur un petit groupe (8 femmes et 5 hommes), la majorité des études ayant utilisé des techniques objectives pour mesurer la DE (accélérométrie (Ross et al. 2015, de Moura et al. 2015), combinaison accélérométrie et monitoring de la fréquence cardiaque, monitoring de la fréquence cardiaque avec mesures individuelles de la DE, eau doublement marquée (Gomersall et al. 2015)) mais moins précises que celles utilisées par Willis et al. (2014) (eau doublement marquée, calorimétrie indirecte, accélérométrie) ont montré qu'il n'y avait pas de modification de la DE non liée à l'exercice en réponse à un programme d'AP aérobique supervisé. C'est le cas de l'étude de Ross et al. (2015) portant sur des sujets obèses répartis de façon randomisée en 4 groupes : un groupe contrôle et 3 groupes AP supervisée (tapis roulant 5 fois par semaine pendant 24 semaines) : groupe faible intensité-faible volume (LALI : 50% VO₂pic-30 min/session), groupe faible intensité-grand volume (HALI : 50 % VO₂pic-60 min/session), groupe forte intensité-grand volume (HAHI : 75 % VO₂pic-40 min/session)(avec DE : LALI = HALI ; et HAHI = 2 x LALI). L'activité en dehors des séances d'AP supervisée était suivie par accélérométrie tri-axiale (1 semaine en continu au début, au milieu et à la fin du protocole). Quel que soit le groupe AP, augmenter l'intensité ou le volume n'était pas associé à une modification de l'AP quotidienne ni à aucune variation du temps de sédentarité, ce qui suggère que les adultes qui respectent les recommandations internationales d'AP ne compensent pas par la sédentarité l'énergie dépensée pendant l'AP supervisée et ceci quelle que soit l'intensité à laquelle l'exercice est réalisé.

De même, chez des sujets diabétiques de type 2 un programme d'AP supervisé de 8 sem n'a pas modifié l'AP en dehors des périodes d'AP supervisée (accélérométrie tri-axiale) ni le temps de sédentarité (de Moura et al. 2015).

Chez des sujets de poids normal, un travail récent (Gomersall et al. 2015) consistant à la mise en place d'une AP supervisée en milieu de travail (un groupe contrôle 2 groupes AP : 150 min/sem ou 300 min/sem) pendant 6 semaines avec suivi au début, au milieu et à la fin du protocole de l'AP (accélérométrie tri-axiale, eau doublement marquée) n'a pas mis en évidence de modification de l'AP quotidienne ni du temps de sédentarité.

L'étude la plus précise est celle de Willis et al. (2014) qui avait pour objectif spécifique de mesurer les effets d'un programme d'AP supervisé sur la DE non liée à l'exercice en réponse à un programme d'entraînement aérobique chez 92 sujets jeunes (18-30 ans) en surpoids/obèses et sédentaires pendant 10 mois avec mesures à 0 et 10 mois de la DE totale (eau doublement marquée), du métabolisme de base (calorimétrie indirecte), de l'AP non liée à l'exercice prescrit et

de la sédentarité (accélérométrie tri-axiale). Ils ont été randomisés en 3 groupes : 1 groupe contrôle et 2 groupes AP : 5 sessions/sem à soit 400kcal/session ou 600kcal/session. A la fin des 10 mois d'entraînement aérobic il n'y avait pas de diminution compensatoire de la DE non liée à l'exercice ou de l'AP autre que celle liée à l'exercice (que ce soit en terme de durée ou d'intensité d'AP), ni d'augmentation du temps de sédentarité dans les groupes EX, et ceci quelle que soit la DE du programme d'entraînement (400 et 600 kcal). Par contre il faut noter au niveau interindividuel une très forte variabilité des résultats car près de 50 % des sujets du groupe EX avaient présenté une diminution de la DE non liée à l'exercice ou de l'AP non liée à l'exercice et 50% une augmentation.

En conclusion, chez l'adulte, en tenant compte de toutes les études et de la dernière étude réalisée par Willis et al. qui a utilisé les techniques de mesure de la DE et de l'activité physique de référence, les éléments suivants peuvent être retenus :

en réponse à un entraînement aérobic prescrit selon les recommandations internationales d'AP, quelle que soit l'intensité (modérée ou vigoureuse), la plupart des études n'ont pas montré de diminution compensatoire de l'AP non liée à l'exercice prescrit, c'est-à-dire de l'AP du reste de la journée, que ce soit l'AP de faible intensité, d'intensité modérée ou de forte intensité. Il n'y a pas non plus d'augmentation du temps de sédentarité. Néanmoins, il existe de fortes variations interindividuelles.

Il serait important de préciser dans des études randomisées les effets de facteurs d'intervention incluant le type d'exercice (jusqu'à présent seuls les exercices de types aérobic ont été étudiés), sa fréquence, le niveau de DE liée à l'exercice, l'exercice intermittent vs continu, la période de la journée pendant laquelle l'exercice est réalisé, et les facteurs liés aux participants (âge, sexe, ethnicité, IMC, capacité aérobic).

Effet de l'activité physique et de la sédentarité sur les pathologies chroniques

La recherche bibliographique menée par le groupe de travail a confirmé ou précisé les conclusions de l'Expertise collective Inserm (2008) concernant les effets de l'activité physique en prévention de plusieurs pathologies.

En ce qui concerne la mortalité générale :

- L'activité physique régulière est associée à une réduction de la mortalité précoce (entre 29 et 41 %).
- Une activité physique insuffisante est associée à augmentation du risque de mortalité précoce.
- Un effet-dose a été retrouvé ; une faible quantité d'activité physique est associée à une diminution de la mortalité précoce (réduction de 14 % pour une pratique quotidienne de 15 min).
- L'activité physique d'intensité modérée à élevée pourrait atténuer les effets de la sédentarité sur la mortalité précoce, particulièrement chez les sujets ayant un temps de sédentarité supérieur à 7 heures quotidiennes.

En ce qui concerne le diabète de type 2 :

- La sédentarité constitue un facteur de risque de développer un diabète de type 2, indépendamment de la pratique d'activité physique (plus 14 % pour 2 heures passées quotidiennement devant la télévision). Inversement, la réduction du temps de sédentarité hebdomadaire est associée à une diminution de l'incidence du diabète de type 2 (diminution de 12 % pour chaque réduction de 2 heures hebdomadaires).
- Dans le cadre d'une modification du mode de vie, l'activité physique représente un élément majeur pour prévenir ou retarder la survenue d'un diabète de type 2. Chez les sujets insulino-

résistants, l'AP est associé à une amélioration significative de la sensibilité à l'insuline. Cet effet persiste après l'arrêt de la pratique (jusqu'à 3 ans).

- Les effets bénéfiques ont été observés quel que soit l'IMC et seraient indépendants de la perte de poids et de l'alimentation.

En ce qui concerne l'obésité :

- Le niveau de preuve sur l'effet de l'activité physique en prévention du surpoids et de l'obésité est élevé. Il est toutefois difficile de quantifier l'effet spécifique de l'activité physique, en raison du contexte multifactoriel de la prise de poids.
- L'activité physique est négativement associée à la prise de poids, au surpoids, à l'obésité et à ses complications cardio-métaboliques.
- L'inactivité physique et la sédentarité sont associées à la prise de poids, au surpoids, à l'obésité et à ses complications cardio-métaboliques.
- Les interventions les plus efficaces sont pluridisciplinaires.
- Les effets de l'AP sur le comportement alimentaire dépendent à la fois des caractéristiques de l'AP et de celles des sujets.

En ce qui concerne les pathologies cardio-vasculaires :

- Une activité physique régulière est associée à une diminution de 20 à 50 % du risque de pathologie coronarienne et de près de 60 % du risque de survenue d'accident vasculaire. Pour ces derniers, une pratique d'intensité modérée à élevée serait nécessaire.
- Le temps de sédentarité est associé à l'incidence des maladies cardiovasculaires. Plus de 7 heures par jour en position assise devant un écran de télévision augmentent de près de 85 % la mortalité d'origine cardiovasculaire, comparativement aux personnes qui passent moins d'1 heure par jour devant la télévision.
- Une pratique d'AP d'intensité modérée ne permet pas réduire les effets de la sédentarité sur l'incidence de maladies cardiovasculaires.

En ce qui concerne les cancers :

- L'activité physique est associée à une diminution du risque de cancer du côlon (comprise entre 22 et 27 %), du cancer du sein (diminution de 10 à 27 %), de l'endomètre et du poumon. L'apparition de nombreux cancers a été attribuée à l'inactivité physique.
- De nouvelles études ont montré une association entre la sédentarité et le risque de certains cancers ; la sédentarité a un effet indirect en favorisant l'obésité et l'obésité abdominale.

En ce qui concerne les maladies respiratoires :

- L'effet de l'activité physique sur la prévention primaire de pathologies respiratoires a été peu étudié. Les seules études dont on dispose concernent la prévention du risque de broncho-pneumopathie chronique obstructive.
- L'activité physique régulière (intensité modérée à élevée) permet de limiter l'altération avec les années de marqueurs fonctionnels considérés comme précurseurs de broncho-pneumopathie chronique obstructive.
- La sédentarité est associée à une altération plus marquée du volume expiratoire maximum par seconde.

En ce qui concerne les maladies ostéoarticulaires :

- Les activités dynamiques en charge, d'intensité modérée à élevée sans impact important, auraient un effet positif sur le cartilage.

- Chez l'enfant et l'adolescent, la pratique régulière d'activité physique à impact permettrait une augmentation significative de la masse et de la densité minérale osseuse, particulièrement lorsque l'activité physique est pratiquée lors de la pré-puberté et de la puberté.
- Tout au long de la vie, la pratique d'activité physique à impact est associée à une moindre diminution de la masse osseuse et à un moindre risque de fractures ostéoporotiques.
- Les exercices en charge à impact d'intensité élevée, de type course, sauts et exercices sur plateforme de vibrations contribuent à augmenter significativement la masse osseuse. Chez la femme ménopausée particulièrement à risque d'ostéoporose et de fracture ostéoporotique, l'activité physique à impact augmente la densité minérale osseuse (rachis, col fémoral et trochanter) et permettrait de diminuer le nombre de fractures. Ces effets se retrouveraient également chez les hommes âgés. La combinaison d'activité physique à impact et de renforcement musculaire serait nécessaire.
- Une relation négative pourrait exister entre la densité minérale osseuse et le comportement sédentaire (études chez l'adulte et chez l'adolescent).

En ce qui concerne les pathologies neurodégénératives :

- La pratique régulière d'activité physique est associée à une diminution du risque d'apparition de la maladie d'Alzheimer (jusqu'à 45 %), avec une relation dose-réponse.
- La pratique régulière d'activité physique serait associée à un risque diminué d'apparition de la maladie de Parkinson.
- L'inactivité physique augmenterait les risques pour ces deux pathologies.
- L'effet de la sédentarité sur le risque d'apparition des pathologies neurodégénératives a été peu étudié. Les données ne permettent pas de conclure.

En ce qui concerne les maladies autoimmunes :

- La possibilité d'un effet de l'activité physique et de la sédentarité en prévention primaire des pathologies d'origine auto-immune n'est pas documentée à ce jour.

En ce qui concerne la santé mentale et la qualité de vie :

- La pratique régulière d'activité physique d'intensité modérée à élevée réduirait le risque d'état de stress psychologique, d'anxiété, des manifestations de dépression et améliorerait la qualité de vie.
- Des bénéfices sur la santé mentale sont observés dès les faibles niveaux de pratique ; cependant, des durées de 30 min/jour d'activité physique d'intensité modérée ou 20 min/jour d'activité physique d'intensité élevée semblent se rapprocher de l'optimum. Des durées d'activité physique plus longues induiraient une diminution de la qualité de vie (au-delà de 90 min/jour d'activité physique d'intensité élevée, tous les jours).
- En milieu professionnel, la promotion de l'activité physique sous forme d'exercices physiques programmés ou d'activités sportives constituerait l'intervention la plus efficace pour améliorer la santé mentale, le bien-être général et l'efficacité au poste de travail.
- Il n'est actuellement pas possible de conclure quant à l'effet isolé de la sédentarité sur la santé mentale et la qualité de vie.

3.3.12 Effets spécifiques dans certaines catégories de populations

3.3.12.1 Enfants et adolescents

De nombreuses études ont relevé une relation positive entre l'activité physique (AP) et la santé chez l'enfant et l'adolescent. Les premières études ont toutefois rapporté des résultats assez contrastés. Ces divergences concernaient d'une part l'inconstance du profil d'AP qui évolue avec l'âge, le sexe et le statut pondéral et d'autre part l'évolution des méthodes de mesure, ce qui rend la comparaison des données difficile. De plus, les niveaux d'AP et de condition physique ainsi que les liens qui les associent ont évolué au fil des décennies. Grâce à l'évolution des méthodes de mesure, les comportements sédentaires et d'autres facteurs confondants ont pu progressivement être pris en compte. La force des relations obtenues entre les indicateurs de santé et le niveau d'AP, la cohérence des résultats et la qualité méthodologique des travaux ont beaucoup évolué ces dernières années, en particulier grâce aux études de cohortes HELENA study, European Health study, IDEFICS, Muscatine Study et les cohortes canadiennes (ISCOLE).

Les deux principales questions traitées dans ce chapitre sont schématisées par la figure adaptée de Blair et al. (1989) (Figure 23).

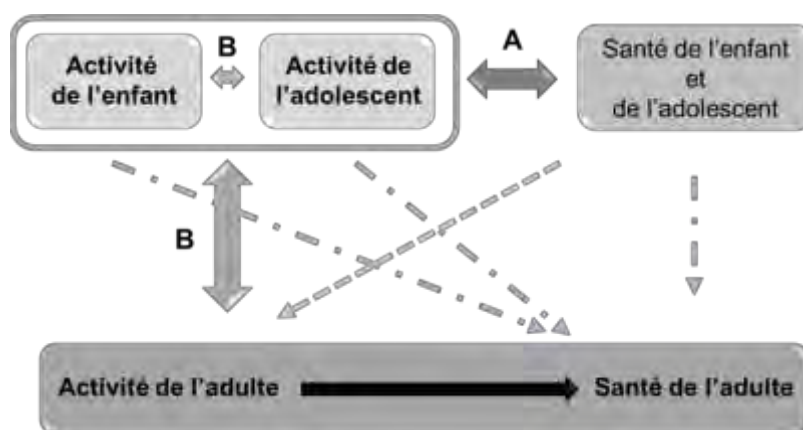


Figure 23. Relation entre l'activité physique et la santé tout au long de la vie (adapté de Blair et al. 1989).

- Quelle relation existe-t-il entre l'AP de l'enfant et de l'adolescent et sa santé? En outre, les comportements sédentaires ont-ils des effets délétères dès l'enfance? (Flèche A)
- L'AP et la sédentarité de l'enfant et de l'adolescent, sont-elles des comportements stables et pérennisés du plus jeune âge à l'âge adulte? Autrement dit, un enfant actif reste-t-il un adolescent puis un adulte actif? Inversement, devient-on sédentaire? Ou le sommes-nous dès le plus jeune âge? (Flèche B)

3.3.12.1.1 Effet de l'activité physique sur la santé

3.3.12.1.1.1 Activité physique, condition physique et santé

Condition physique

- Définition

De façon générale, la condition physique représente la capacité à réaliser une AP (Shephard and Bouchard, 1994). L'AP et la condition physique sont des concepts différents et indépendants, particulièrement chez l'enfant (Strong et al. 2005). Bien que certains auteurs aient noté des relations faibles à modérées entre ces deux paramètres, un changement du niveau d'AP entre

l'enfance et l'adolescence n'est pas toujours associé à des changements de niveau de condition physique. Ainsi, augmenter le niveau d'AP n'apparaîtrait pas toujours suffisant pour être en bonne condition physique, particulièrement chez les adolescents (Baquet et al. 2006). La condition physique est le plus souvent évaluée par la consommation maximale en oxygène ($VO_2\max$), positivement corrélée au niveau d'AP. Chez l'enfant et l'adolescent, la force de cette relation est toutefois discutée dans la mesure où elle dépend de nombreux facteurs tels que l'âge, le sexe, les facteurs génétiques, la composition corporelle, etc. Chez l'enfant, un programme aérobie n'augmenterait $VO_2\max$ que de 5 à 6 %. L'amplitude de cette augmentation étant essentiellement dépendante du niveau initial (Baquet et al. 2003). En conclusion, le niveau individuel de condition physique de l'enfant est dépendant de facteurs intrinsèques et le niveau d'AP, bien que corrélé à ce niveau de condition physique, doit être adapté à chaque enfant. Une pratique physique quotidienne d'au moins 60 min d'APME est requise pour obtenir des bénéfices pour la santé (Janssen et Leblanc 2010).

- Evolution de la condition physique

Les différentes études menées sur la diminution de la condition physique de l'enfant au cours des dernières décennies ont mis en évidence une baisse annuelle moyenne de 0,36 % de la condition aérobie des enfants et adolescents dans le monde (Jürimäe et al. 2007, Macfarlane and Tomkinson 2007, Tomkinson 2007, Tomkinson and Olds 2007). Cette baisse est similaire chez les filles et chez les garçons âgés de 6 à 19 ans (0,41 % et 0,46 % par an, respectivement), ce qui représente une diminution de 8,6 % en 20 ans (Tomkinson et al. 2003).

Les performances aérobie et anaérobie n'ont pas évolué de la même façon au cours des décennies (Tomkinson 2007) (Figure 24). Le déclin des performances aérobies de l'enfant et de l'adolescent est associé à une augmentation de la prévalence du surpoids et donc de la masse grasse. Par contre, les performances anaérobies n'ont pas évolué significativement. Evaluées à partir de tests de vitesse et de puissance, ces performances ont été assez stables (+0,04 % et +0,03 % par an, respectivement) de 1958 à 2003 chez des enfants et des adolescents âgés de 6-19 ans de 27 pays différents (Tomkinson 2007). Les performances et leur évolution sont similaires chez les filles et les garçons. Il semble que l'augmentation de la masse grasse n'ait pas exercé d'effet sur les performances anaérobies des jeunes.

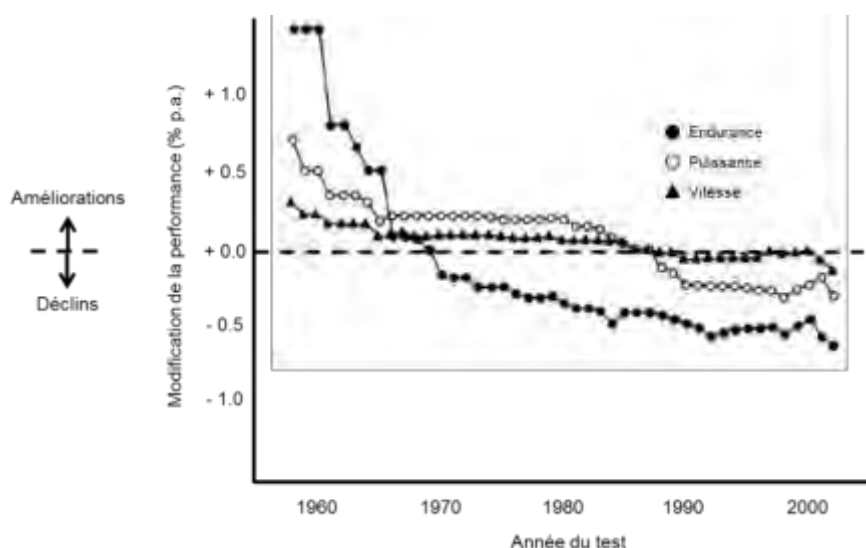


Figure 24. Diminution des performances physiques (endurance, puissance et vitesse) des enfants et des adolescents de 1960 à 2000 (adapté de Tomkinson 2007).

La diminution de la condition physique est-elle due à une réduction de l'activité physique des enfants et des adolescents ou à l'augmentation de la prévalence de l'obésité? Il est difficile de répondre à cette question car il n'existe pas de bases de données exhaustives traitant de ce point. Cependant, il a été mis en évidence une diminution globale de l'AP des enfants (Dollman et al. 2005). Les indicateurs décrivant les AP relatives au transport, à l'école et aux associations sportives font état d'une diminution des périodes d'AP au cours de la journée. D'autre part, les données longitudinales et transversales confirment que plus le temps passé devant un écran (> 2 h) pendant l'enfance est élevé et plus la condition physique des enfants est faible (Aggio et al. 2012).

Relation entre l'activité physique, la condition physique et la santé

Les associations positives entre l'AP, la condition physique et la santé, démontrées depuis longtemps chez l'adulte (Blair et al. 1989), ont pendant longtemps été discutées chez les jeunes (Malina 2001, Twisk 2001). Au cours de l'enfance et de l'adolescence, un niveau de condition physique élevé est associé à un bon profil cardio-vasculaire (Brage et al. 2004, Mesa et al. 2006) ; cette relation a été retrouvée à l'âge adulte (Twisk et al. 2002, Ruiz et al. 2009, Steene-Johannessen et al. 2009). Dans le même ordre d'idée, les études les plus récentes font état d'une forte association entre un faible niveau d'AP et un risque élevé de pathologies cardio-vasculaires (Rangul et al. 2012). En effet, les adolescents actifs (13-19 ans) qui restent actifs jusqu'à l'âge adulte (23-31 ans) présentent un meilleur profil cardio-vasculaire que leurs homologues inactifs. A plusieurs reprises, des études ont suggéré que le niveau d'AP et le niveau de condition physique constituent les principaux facteurs de prévention des pathologies cardio-vasculaires chez les jeunes (García-Artero et al. 2007).

Des travaux ont également été menés chez des enfants et des adolescents normo-pondérés, en surpoids et obèses. Les travaux d'Ortega et al. (2008) ont précisé ce rôle fondamental de la condition physique en mettant en évidence que des enfants en surpoids, présentant une très bonne condition physique, ont un profil de santé cardio-vasculaire de même valeur que les enfants normo-pondérés ayant une condition physique très faible (Figure 25). Le même constat a été établi pour l'indice HOMA-IR, témoin de l'insulino-résistance : la résistance à l'insuline est plus faible chez un enfant en surpoids ayant une bonne condition physique que chez enfant normo-pondéré ayant une faible condition physique (Figure 26 ; Eisenmann et al. (2007).

Si la condition physique est un facteur majeur de santé, le niveau d'AP permettant de l'améliorer l'est tout autant, en particulier chez les enfants présentant un surpoids. Dans les programmes d'AP, il est donc essentiel d'inclure des AP qui ont pour objectif d'améliorer la condition physique.

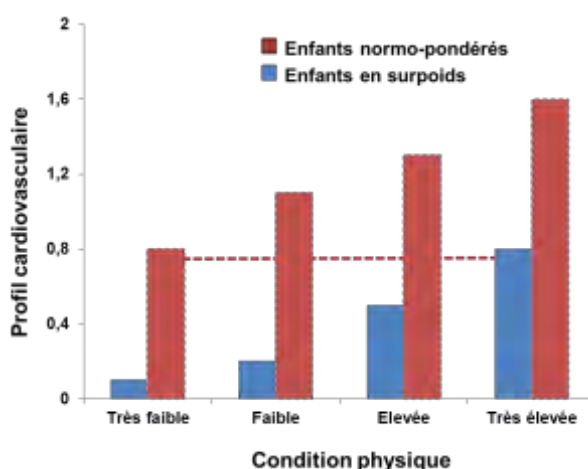


Figure 25. Influence du profil cardiovasculaire sur la condition physique en fonction du statut pondéral (Ortega et al. 2008).

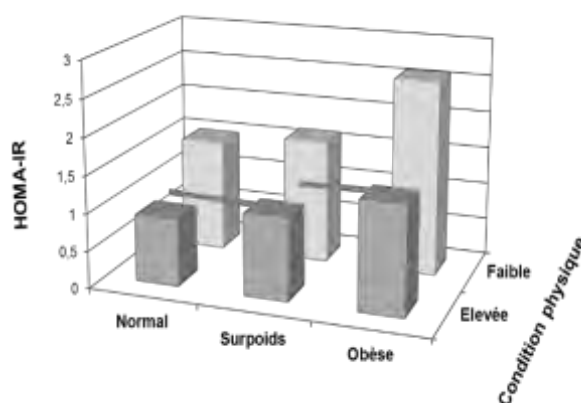


Figure 26. Influence de la condition physique sur la résistance à l'insuline en fonction du statut pondéral (Eisenmann et al. 2007).

3.3.12.1.1.2 *Activité physique, sédentarité et santé*

Avant les années 2000, principalement en raison de la moindre prévalence des pathologies chez les jeunes et de la nature progressive des pathologies chroniques il était relativement difficile d'établir une relation significative indiscutable entre la santé et l'AP chez l'enfant et l'adolescent (Baranowski et al. 1992). Aujourd'hui, l'amplification de la présence de facteurs de risque dès le plus jeune âge associée à un développement des problèmes de santé à l'âge adulte permet de mieux caractériser cette relation.

Les premières études ont rapporté un bénéfice de l'AP sur la santé de l'enfant et de l'adolescent. La première revue systématique (Strong et al. 2005) a conclu, à partir de 850 études répertoriées, que les enfants d'âge scolaire pratiquant tous les jours au moins 60 minutes d'APME présentaient de meilleurs profils de santé que les enfants inactifs.

En 2010, la revue systématique de Janssen et Leblanc (2010) a répertorié plus de 11 000 articles potentiels (68 éligibles in fine) traitant d'une possible association entre l'AP et des indicateurs de santé chez les jeunes âgés de 5 à 17 ans : taux de cholestérol élevé, hypertension artérielle, syndrome métabolique, obésité, faible densité osseuse, dépression et blessures. Cette revue a conclu à la nécessité pour les enfants et les adolescents de réaliser au moins 60 minutes par jour d'APME pour présenter un bon profil de santé. Les AP d'intensité élevée sont nécessaires afin de renforcer les systèmes osseux et musculaire. Les activités de type aérobie devraient être majoritaires et associées/alternées à des activités de renforcement musculaire au moins trois jours par semaine. Ces résultats ont été confirmés par la revue systématique d'Andersen et al. (2011).

Plus récemment, les travaux ont appréhendé l'effet des comportements sédentaires sur la santé des enfants et des adolescents (de Rezende et al. 2014). Une récente revue systématique a analysé 232 études représentant plus de 983 000 sujets âgés entre 5 et 17 ans afin de déterminer la relation entre les comportements sédentaires et des facteurs de santé tels que la composition corporelle, la condition physique, le syndrome métabolique et les troubles cardiaques, l'estime de soi, les comportements sociaux et les résultats scolaires. L'analyse confirme que plus le temps de sédentarité est élevé et plus les indicateurs de santé des enfants et des adolescents sont faibles (Tremblay et al. 2011). Les résultats mettent en évidence que plus de 2 h quotidiennes sédentaires passées à regarder la télévision est associé à un faible niveau d'AP, une mauvaise santé psychosociale et un risque d'obésité accru.

Ainsi, les travaux expérimentaux et observationnels sont nombreux à avoir fait état de bienfaits des APME pour la santé des enfants et des adolescents. Le niveau de condition physique, associé au niveau d'AP, représente le paramètre essentiel de santé.

Les effets de l'AP sur le sommeil et sur la prévention de la prise de poids chez l'enfant et l'adolescent ont été traités dans le chapitre 3.4.4.1.

3.3.12.1.1.3 *Phénomènes de compensation de l'activité physique par la sédentarité*

En 1998, Thomas Rowland avait émis l'hypothèse d'un contrôle central de la dépense énergétique "Activystat" suggérant que la dépense énergétique totale d'un individu serait "génétiquement programmée" (Rowland, 1998). Si cette hypothèse est validée, la conséquence est que toute AP supplémentaire imposée serait compensée par une réduction de l'énergie dépensée le reste du temps.

Une revue systématique récente a noté que 63 % des études expérimentales qui ont examiné spécifiquement cette hypothèse chez les enfants ont rapporté une compensation de l'AP, bien que, en raison de méthodes très diverses, aucune conclusion définitive sur l'existence d'un contrôle central n'ait pu être établie (Gomersall et al. 2013).

Chez l'enfant et l'adolescent, obèse ou non, plusieurs travaux ont mis en évidence une diminution de la dépense énergétique suite à une AP aigue, dépendante de l'intensité de l'AP que les sujets soient obèses (Kriemler et al. 1999, Thivel et al. 2013) ou non (Frémeaux et al. 2011, Ridgers et al. 2014).

En conclusion, chez l'enfant et l'adolescent, cet effet compensatoire d'une AP imposée par une réduction de la dépense d'énergie le reste du temps, reste encore mal connu mais doit être pris en compte pour optimiser les effets positifs de l'AP. Cela est possible en étant vigilant au maintien du niveau d'AP habituel lors d'une nouvelle pratique.

3.3.12.1.2 **Effet de l'activité physique sur les facteurs de santé**

Dans le rapport d'expertise Inserm, les effets de l'AP et de la sédentarité sur les différents facteurs de risque n'ont pas été étudiés chez les enfants et les adolescents. L'augmentation de la prévalence de maladies chroniques chez des enfants de plus en plus jeunes est l'objet de plus en plus de travaux, essentiellement descriptifs et épidémiologiques. Ces récentes recherches permettent d'appréhender les associations, pas encore de lien causal entre l'AP et la sédentarité et la santé de l'enfant et de l'adolescent.

3.3.12.1.2.1 *Composition corporelle et aptitudes physiques*

Les effets positifs de l'AP sur la composition corporelle ont été observés au niveau du contrôle de la masse corporelle, de la réduction de la masse grasse totale et viscérale (Gutin et al. 2005, Andersen et al. 2006) ainsi que sur la fonctionnalité et le développement du tissu musculaire.

L'effet préventif de l'AP pour le surpoids et l'obésité infantile a été traité au chapitre 3.3.3. L'analyse de la littérature fait état d'un effet bénéfique de l'APME sur le contrôle de la prise de poids et de la composition corporelle.

Les données de la littérature portant sur les aptitudes musculaires (qualités de force, d'endurance, de vitesse de contraction, etc.) sont assez peu nombreuses. Une fonctionnalité musculaire efficiente est inversement associée aux facteurs de risque de maladie cardio-vasculaire (Benson et al. 2006, Ruiz et al. 2008, Steene-Johannessen et al. 2009). Chez les jeunes, certains travaux se sont intéressés simultanément à la relation pouvant exister entre la condition physique cardio-respiratoire et les aptitudes musculaires sur le risque cardio-vasculaire. Les résultats ont montré que, malgré l'importance des qualités musculaires et leur corrélation négative aux risques cardio-vasculaires, la condition physique reste le facteur majeur protecteur des risques cardio-vasculaires (Steene-Johannessen et al. 2009, Artero et al. 2011). A ce titre, les résultats de l'étude HELENA illustrent bien que la condition physique cardio-respiratoire et l'aptitude musculaire sont des facteurs indépendants (Artero et al. 2011). La figure 27 illustre que les adolescents présentant la qualité musculaire et la condition physique les plus faibles (valeurs ajustées au sexe, âge et stade pubertaire) ont les scores de risque de pathologies cardio-vasculaires les plus élevés.

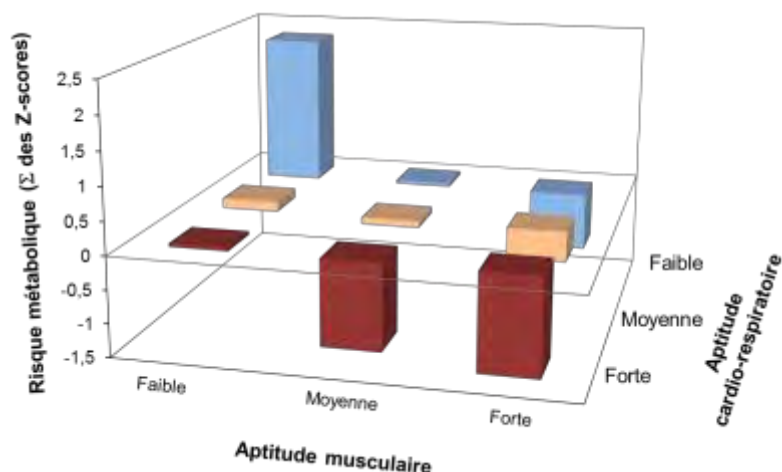


Figure 27. Effet combiné du niveau de condition physique cardio-respiratoire et d'aptitude musculaire sur les facteurs de risque cardio-vasculaire (adapté d'Artero et al. 2011).

L'étude d'Artero et al. (2011) démontre que la qualité musculaire et la condition physique sont deux paramètres indépendants. La conclusion est que l'AP bénéfique pour la santé des adolescents doit associer des AP aérobies sollicitant le système cardio-vasculaire et des AP d'intensité plus élevée visant le renforcement musculaire.

3.3.12.1.2.2 Facteurs de risque cardio-vasculaire

Les facteurs de risque cardio-vasculaire et métabolique tels que l'obésité abdominale, l'hypertension, la résistance à l'insuline, un taux de triglycérides élevé et un HDL-c faible sont désormais observés dès l'enfance et l'adolescence (Saland 2007). Leur présence dès le plus jeune âge tend à persister à l'âge adulte (Raitakari et al. 2003). En population pédiatrique, la prévalence d'un syndrome métabolique est évaluée entre 3 et 18 % en population générale et entre 13 et 38 % chez les enfants obèses (De Ferranti and Osganian 2007).

Dans la majorité des études réalisées chez les jeunes, le risque cardio-métabolique, assimilé à un syndrome métabolique, est un risque "composite" de cinq facteurs de risques : hypertension artérielle, taux de triglycérides, cholestérol total et LDL/HDL, résistance à l'insuline par le calcul de l'HOMA et la somme des quatre plis cutanés correspondant à l'âge et au sexe. Dans l'étude de McMurray et al. (2008), les facteurs de risque suggérant la présence d'un syndrome métabolique ne sont pas dépistés avant l'âge de 6-7 ans mais atteignaient une prévalence d'environ 14 % à 9-10 ans. D'autres études ont observé la présence d'un syndrome métabolique après 9-10 ans (Kelishadi et al. 2007, Ventura et al. 2006). Globalement, un syndrome métabolique ne semble pas pouvoir être dépisté avant l'âge de 6 ans.

Les études s'étant intéressées à la prévention primaire d'un risque cardio-métabolique chez l'enfant et l'adolescent par l'AP restent peu nombreuses, quelques travaux, en particulier épidémiologiques se sont toutefois penchés sur l'effet de l'AP sur un ou plusieurs des facteurs cités ci-dessus ("Cluster" ou "Score de risque").

- Hypertension

En prévention primaire, les travaux se sont principalement intéressés à l'augmentation de la pression systolique au cours de l'enfance et de l'adolescence (National High Blood Pressure Education Program Working Group on High Blood Pressure in Children and Adolescents 2004). Il apparaît que l'AP régulière peut réduire les risques d'hypertension artérielle chez les adolescents (Maximova et al. 2009). Une intervention en AP a entraîné une réduction des pressions artérielles diastolique et systolique chez les enfants normo-tendus (Hansen et al. 1991) ; les bénéfices

étaient significatifs dès lors que la condition physique était améliorée. Une séance ou plus d'AP extra-scolaire par semaine a réduit par 3,5 fois le risque d'hypertension (So et al. 2010). Un effet dose-réponse a également été constaté (Leung et al. 2011). Toutes ces données suggèrent que 30 minutes d'AP pratiquée au moins trois fois par semaine à une intensité modérée ou élevée, qui améliore la condition physique des jeunes, entraîne une réduction significative de la pression artérielle (Andersen et al. 2011a). Ces effets préventifs de l'hypertension de l'AP sont confirmés chez le jeune enfant (2-9 ans). L'étude IDEFICs met surtout en évidence une relation entre la sédentarité et le risque accru d'hypertension chez le jeune enfant (de Moraes et al. 2015). Ainsi, les enfants qui passent plus de 2 heures par jour devant un écran augmentent de 30 % leur risque d'hypertension. A contrario, les enfants qui ne pratiquent pas 60 minutes au moins d'AP par jour voient leur risque d'hypertension augmenté de 50 %.

- Profil lipidique

L'AP participe au contrôle du profil lipidique (Ekelund et al. 2006). Globalement, les revues de synthèse ont conclu que, chez les jeunes, l'AP a un effet bénéfique sur le niveau des triglycérides et de HDL-c alors que l'effet n'est pas significatif sur le cholestérol total et le niveau de LDL-c (Strong et al. 2005, Andersen et al. 2006, Dobbins et al. 2013). Suite à des interventions, une réduction d'environ 13 % du taux de triglycérides et de 6 % du rapport cholestérol total sur HDL-c ont été observées (Kriemler et al. 2011, Resaland et al. 2011). Il semble que l'AP n'a d'effet préventif sur le profil lipidique des enfants et des adolescents que si elle améliore la condition physique. Un minimum de 40 minutes d'AP au moins 5 jours par semaine doit être atteint pour obtenir un effet bénéfique (Strong et al. 2005).

- Résistance à l'insuline

Il est clairement reconnu que l'AP améliore la sensibilité à l'insuline (Pedersen et al. 2006) avec un effet dose-réponse (Dubé et al. 2012). Les travaux montrant un effet préventif de l'AP chez des enfants ou adolescents non obèses ou non diabétiques sont toutefois peu nombreux (Shaibi et al. 2008). Les études de la relation entre l'AP et la sensibilité à l'insuline ont montré que les jeunes présentant le plus haut niveau d'AP sont également ceux qui présentent les plus faibles marqueurs de résistance à l'insuline (HOMA-IR et concentration basale d'insuline) (Fedewa et al. 2014) ; un effet dose-réponse a généralement été observé (Andersen et al. 2011b, Brage et al. 2004b, Jago et al. 2008, Rizzo et al. 2008). Chez les jeunes indiens Pima, le niveau d'AP est associé à une sensibilité élevée à l'insuline (Bunt et al. 2003). Les auteurs n'ont pas pu mettre en évidence que ce résultat est indépendant du statut pondéral des enfants. En revanche, après ajustement (ethnie et indice de masse corporelle), une relation significative entre l'AP et la sensibilité à l'insuline a été rapportée : entre 10 et 16 ans, l'AP était corrélée avec une concentration basale d'insuline faible et une sensibilité élevée à l'insuline (Schmitz et al. 2002). Après ajustement, cette relation était significative uniquement chez les garçons (Imperatore et al. 2006). En prévention primaire, un minimum d'une heure d'AP quotidienne, à intensité modérée, serait nécessaire chez les jeunes ; une durée et une intensité supérieures sembleraient nécessaires chez les jeunes en surpoids ou obèse (Andersen et al. 2006, Rizzo et al. 2008).

- Syndrome métabolique

Les enfants et les adolescents présentant un syndrome métabolique sont ceux qui ont une faible condition physique et un faible niveau d'AP. Plusieurs études transversales et longitudinales ont confirmé une corrélation inverse entre le niveau d'AP et le score à la présence d'un syndrome métabolique chez les jeunes (Andersen et al. 2011a, Guinhouya and Hubert 2011). Les résultats des études de l'European Youth Heart Study, obtenus à partir de la mesure de l'AP par accélérométrie, ont suggéré un minimum de 90 minutes par jour à d'APME en prévention d'un syndrome métabolique (Andersen et al. 2006 2008).

Les travaux de Ekelund et al. (2006) se sont intéressés à la relation entre les comportements sédentaires (regarder la télévision), l'AP et le syndrome métabolique chez des enfants de 9 ans et

des adolescents de 15 ans. Les résultats ont confirmé que : i) l'AP et la sédentarité sont des variables indépendantes ; ii) l'AP est inversement associée au syndrome métabolique ; iii) l'effet du temps de sédentarité sur le syndrome métabolique est médiée par la prise de poids. Les auteurs n'ont pas retrouvé d'effet âge ou sexe. Chez l'enfant (7-12 ans) et l'adolescent (12-18 ans), le rôle préventif de l'AP sur les facteurs de risque du syndrome métabolique a été démontré pour la pression artérielle (Mark and Janssen 2008), la tolérance au glucose (Thomas et al. 2009) et la résistance à l'insuline (Guinhouya et Hubert 2011). Une relation dose-réponse a le plus souvent été observée (Guinhouya et al. 2011). Une augmentation de 10 à 20 % de l'APME réduirait de 33% le risque de développer un syndrome métabolique (Ekelund et al. 2009).

La revue proposée par Brambilla et al. (2011) a analysé les données de la littérature afin de valider l'AP comme moyen préventif clé du syndrome métabolique chez les populations pédiatriques. Ce travail a fait le point sur les connaissances scientifiques associant l'AP et les facteurs du syndrome métabolique. Les conclusions principales peuvent être ainsi résumées :

- l'AP améliore la sensibilité à l'insuline chez l'enfant ;
- l'AP est un régulateur métabolique et améliore la condition physique ;
- les enfants et les adolescents doivent participer à au moins 60 minutes d'AP journalières d'intensité modérée à élevée ;
- seule une intensité élevée peut réduire le stockage énergétique et réduire la masse grasse viscérale et donc améliorer la composition corporelle.

Une relation dose-réponse entre le temps passé devant un écran de télévision ou d'ordinateur et le risque de présenter un syndrome métabolique a été observée chez l'adolescent (Mark and Janssen 2008). Indépendamment de l'AP, le risque d'un syndrome métabolique est 3 fois plus élevé chez les adolescents qui restent au moins 5 h/j devant un écran comparativement à ceux qui n'y passent qu'une heure.

Bien que la définition du syndrome métabolique ne fasse pas consensus, les travaux utilisent un conglomérat d'altérations métaboliques (masse grasse en excès, dyslipidémie, tension artérielle élevée, glycémie élevée) pour étudier le syndrome métabolique chez l'enfant et l'adolescent (Andersen et al. 2015). Les données scientifiques s'accordent sur un effet préventif de l'AP sur les facteurs du syndrome métabolique. Cette AP doit avoir une durée d'au moins 60 minutes quotidiennes avec un effet dose-réponse. De plus, dès une heure de sédentarité des effets délétères sont constatés.

La conséquence réaffirmée est que la prévention du syndrome métabolique au cours de l'enfance et de l'adolescence doit s'attacher à augmenter l'AP et à réduire les comportements sédentaires permettant d'ainsi d'améliorer la condition physique. La condition physique apparaît comme un des facteurs préventif fondamentaux sur lequel l'attention doit se focaliser (Steele et al. 2008, Bailey et al. 2012). L'importance d'une bonne condition physique a été mise en exergue à plusieurs reprises par des travaux ayant montré que les enfants et les adolescents en surpoids et obèses présentant une bonne condition physique avaient un profil lipidique (cholestérol, triglycérides etc.) (Eisenmann et al. 2007b, Ortega et al. 2008) et une sensibilité à l'insuline (Eisenmann et al. 2007a) quasiment identiques à ceux des enfants sans surcharge pondérale mais ayant une faible condition physique.

S'il est clair que la condition physique est un facteur préventif des risques cardio-vasculaires, la question reste de savoir s'il existe un seuil de condition physique à atteindre. La condition physique a été évaluée par un test aérobie de consommation maximale en oxygène (VO₂max) chez un échantillon de 4500 enfants âgés de 9 à 15 ans de quatre pays européen (Danemark, Estonie, Norvège et Portugal) afin de déterminer un seuil optimal de condition physique (niveau de VO₂max) discriminant deux niveaux de risques cardio-vasculaires : faible (valeurs en-dessous du seuil) et élevé (valeurs au-dessus du seuil) (Tomkinson 2011a). Les valeurs limitant ces seuils sont présentées dans le tableau 24 ci-dessous.

Tableau 24. Valeurs de VO₂max déterminant les seuils de risque cardio-vasculaires en fonction de l'âge et du sexe (adapté de Tomkinson 2011b)

Seuil de VO ₂ max	Fille	Garçon
9 ans	37,4 ml.min ⁻¹ .kg ⁻¹	43,6 ml.min ⁻¹ .kg ⁻¹
15 ans	33,0 ml.min ⁻¹ .kg ⁻¹	46,0 ml.min ⁻¹ .kg ⁻¹

Les résultats ont mis en avant qu'une VO₂max d'au moins 33 ml.min⁻¹.kg⁻¹ chez les jeunes filles âgées de 15 ans est nécessaire pour prévenir les risques cardio-vasculaires.

En résumé, l'AP a des effets préventifs sur les facteurs de risque de maladies cardio-vasculaires chez l'enfant et l'adolescent. L'intensité de l'AP reste un élément majeur rapporté par de nombreuses études. Des effets ont été rapportés pour les AP à intensité modérée sur certains facteurs de risques, toutefois d'autres études ont conclu que seule une activité à intensité élevée était associée à une réduction du tour de taille, de l'indice de masse corporelle, de la pression systolique et à une augmentation de la condition physique (Hay et al. 2012).

La prévention des risques cardio-métaboliques nécessite d'augmenter l'AP et de réduire la sédentarité (Chaput et al. 2013). L'AP et la sédentarité sont des comportements indépendants et en particulier sur leur effet sur la santé cardio-vasculaire. Ainsi, l'APME est inversement associée au tour de taille et à la pression diastolique et positivement au HDL-cholestérol, même après ajustement à la sédentarité. En revanche, le temps passé à des comportements sédentaires est positivement corrélé à la pression diastolique mais cette relation n'est plus significative après ajustement à l'APME. En conclusion, plus l'APME est conséquente et plus le risque cardio-métabolique est faible, quel que soit le temps de sédentarité des enfants et des adolescents.

- Facteurs inflammatoires

Quelques études se sont penchées sur l'effet potentiellement préventif de l'AP sur les facteurs inflammatoires, principalement sur la protéine C réactive (CRP) et l'interleukine 6 (IL-6) (Thomas and Williams 2008).

Globalement, il ne semble pas exister de lien direct entre le niveau d'AP et les concentrations de CRP chez l'enfant (Ruiz et al. 2007) et chez l'adolescent (Platat et al. 2006). Certaines études ont toutefois observé une association inverse entre la quantité d'AP (questionnaire) et le niveau de CRP, en lien avec le statut pondéral (Cook et al. 2000, Moran et al. 2005). Les résultats de l'*European Youth Heart Study* n'ont pas observé de lien entre les concentrations de CRP et le niveau d'AP (accéléromètre) chez l'enfant, mais les auteurs ont suggéré que le paramètre à prendre en considération est le niveau de condition physique (Ruiz et al. 2007).

Il existe très peu de données portant sur un potentiel bénéfique préventif de l'AP sur les concentrations d'IL-6, la majorité des études ayant porté sur des populations en surpoids ou obèses. Chez le jeune normo-pondéré, une relation inverse a été observée entre l'AP et les concentrations plasmatiques d'IL-6, indépendamment du statut pondéral (Platat et al. 2006). Suite à une intervention menée chez des pré-adolescents (14 ans) et à une réduction des concentrations d'IL-6, Rosenbaum et al. (2007) ont également conclu à une relation inverse.

Chez les jeunes en population générale, de rares études ont analysé d'autres paramètres tels que d'autres interleukines, le TNF- α (facteur de nécrose tumorale) et le fibrogène. Les conclusions divergentes ont mis en avant la difficulté de prendre en compte tous les facteurs confondants (Thomas and Williams 2008, Andersen et al. 2011a). D'autres études sont nécessaires pour

comprendre les relations entre l'AP, la condition physique et la prévention des facteurs inflammatoires.

La condition physique associée à un niveau d'AP semble permettre une amélioration du statut inflammatoire. La question de savoir si cet effet est indépendant du surpoids et de l'obésité reste à élucider.

3.3.12.1.2.3 Santé osseuse

Sachant qu'au moins 26 % de la densité minérale osseuse totale de l'adulte est acquise au cours des quatre ans autour de pic de vélocité de croissance, avec un maximum de 60 % acquis pendant les autres années péri-pubertaires (MacKelvie et al. 2002), la pratique d'une AP à l'adolescence joue un rôle fondamental pour augmenter le capital osseux et le préserver à l'âge adulte (Loud and Gordon 2006). La pratique régulière a été associée à une augmentation de la densité minérale osseuse, à condition que l'activité impose des contraintes mécaniques suffisantes au tissu osseux. Les activités à impacts, telles que les sauts, les courses ou les activités de contacts apparaissent comme les plus bénéfiques. Les effets positifs de la pratique physique sont sites dépendants, c'est-à-dire qu'ils dépendent des sollicitations locales (par exemple, déficit osseux du bras non dominant pour le joueur de tennis).

Une AP régulière pratiquée à l'adolescence réduit considérablement le risque de développer une ostéoporose à l'âge adulte (Bailey et Martin, 1994). En ce sens, l'étude rétrospective d'Andreoli et al. (2012) a comparé la densité et le contenu minéral osseux de trois groupes de femmes ménopausées : deux groupes sont constitués d'anciennes athlètes élites (athlètes vs nageuses) et un groupe contrôle (non sportives pendant leur jeunesse). Les résultats ont confirmé les connaissances actuelles, à savoir que : i) l'AP pendant l'enfance et l'adolescence a un effet préventif sur la perte minérale osseuse observée avec l'âge (Twisk 2001) ; ii) les AP de contraintes, c'est à dire à impact (par exemple : course vs natation) sont plus efficaces ; iii) il existe une réponse spécifique des sites sollicités (Figure 28).

Il existerait un seuil de pratique au-delà duquel le bilan bénéfice/risque pour la croissance et la maturation osseuses s'inverse. Les consensus des instances internationales concernant la pratique intensive précoce proscrivent une charge d'entraînement supérieure à 20 heures hebdomadaires (Courteix and Ducher 2013). Concernant l'AP recommandée, les travaux de Löfgren et al.(2012) ont montré qu'un programme de 40 minutes d'AP quotidiennes chez l'enfant âgé de 7-9 ans améliore la santé osseuse sans augmenter le risque de fracture. Le programme d'AP organisé pendant 4 ans comprenait des sessions d'éducation physique (sports collectifs, courses, sauts) à raison de 40 minutes quotidiennes pour le groupe suivant l'intervention et à raison de 1 à 2 sessions de 30 minutes hebdomadaires pour le groupe contrôle, représentant respectivement 200 minutes vs 60 minutes d'APME par semaine.

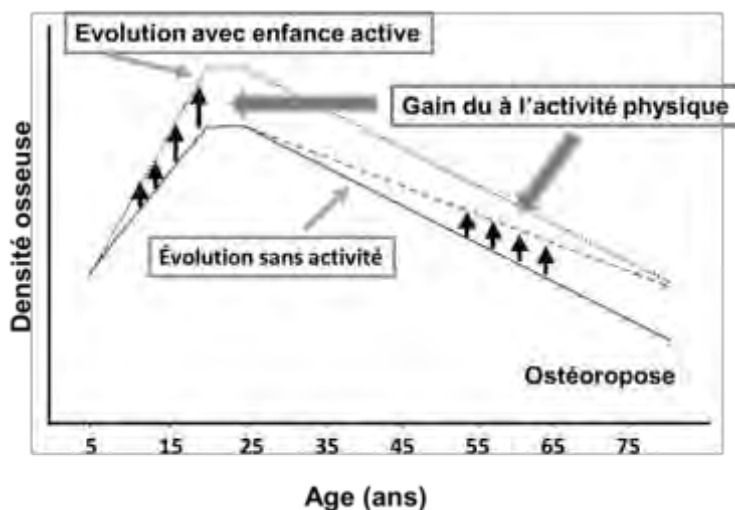


Figure 28. Représentation schématique de l'évolution théorique de la densité osseuse en fonction de l'âge et de l'activité physique (adapté de Twisk 2001).

Concernant les comportements sédentaires, de récents travaux ont mis en évidence un impact négatif de certaines activités sédentaires (temps passé devant un écran) sur le contenu minéral osseux de jeunes âgés de 8 à 22 ans (Chastin et al. 2014). Ces effets délétères diffèrent selon le genre et le site osseux considéré. Ces travaux ont mis en avant qu'afin de contrecarrer les effets délétères de la sédentarité, la fréquence de l'AP a plus d'importance que le volume sur les bénéfices pour le tissu osseux. L'alternance des périodes d'AP et de sédentarité serait le modèle à privilégier.

La conclusion de ces travaux est qu'une pratique multi-activités doit tout au long de la vie être encouragée chez les enfants et les adolescents (Courteix and Ducher 2013). L'AP à privilégier est une AP à impact (course, saut...) avec une fréquence élevée. Par ailleurs, tout en promouvant la pratique physique régulière, il est nécessaire de limiter les périodes de sédentarité dès le plus jeune âge.

3.3.12.1.2.4 Autres effets

La revue de littérature de Brambilla et al. (2011) a rapporté d'autres effets bénéfiques de l'AP, notamment sur les facteurs psychologiques, sociaux, cognitifs et comportementaux (Brambilla et al. 2011). L'AP permet également d'améliorer la confiance et l'estime de soi (Ortega et al. 2008; Ekeland et al. 2004, Ekeland et al. 2005), de réduire l'anxiété et le stress (Tao et al. 2007) et constitue un facteur préventif de la dépression (Tao et al. 2007). Les enfants et les adolescents actifs présentent de meilleurs résultats scolaires (Castelli et al. 2007). L'effet potentiellement bénéfique de l'AP sur les comportements de la vie quotidienne tels que le tabagisme, l'alcoolisme, la consommation de cannabis reste débattu dans la littérature dans la mesure où cet impact reste dépendant de l'intensité de la pratique (Vuori et al. 2012). Inversement, chez l'adolescent, l'inactivité a été associée à un mode de vie altéré, à de mauvais résultats scolaires et à une faible perception de sa santé (Aarnio et al. 2002).

Effet de l'activité physique et de la sédentarité au cours de l'enfance sur la santé à l'âge adulte

L'AP et la sédentarité de l'enfant et de l'adolescent ont des effets sur leur santé. La question est de savoir si l'AP et la sédentarité lors de l'enfance et de l'adolescence auront des effets sur la santé à l'âge adulte, en cas de persistance ou de modification du comportement.

Il semble exister une relation positive mais non significative entre l'AP à l'adolescence et des faibles risques de pathologies cardio-vasculaires à l'âge adulte (Twisk 2001, Twisk et al. 2002, Boreham et al. 2002). Plusieurs études ont mis en avant que, plus que l'AP, la condition physique à l'adolescence était associée à un faible risque de pathologies cardiovasculaires à l'âge adulte (Kemper et al. 1990, Hasselstrøm et al. 2002, Kvaavik et al. 2009). La sédentarité de l'adolescent a des conséquences sur sa santé au cours de l'adolescence mais aussi sur le syndrome métabolique à l'âge adulte. Il a été observé que la comparaison d'adultes (43 ans) déclarant avoir regardé la télévision plusieurs fois par jour et ceux déclarant ne la regarder qu'une fois par semaine lorsqu'ils étaient adolescents (16 ans) fait état d'une obésité centrale plus élevée, de taux d'HDL-cholestérol plus faibles et d'une hypertension chez les premiers comparativement aux seconds (Wennberg et al. 2013). Cette conclusion est confirmée par l'étude européenne qui montre que passer plus de 2 heures par jour devant un écran à l'adolescence est associé à un risque cardiovasculaire (facteurs de syndrome métabolique) accru chez le jeune adulte (Grøntved et al. 2014). Le risque est accru chez les personnes augmentant leur temps de sédentarité devant un écran comparativement aux personnes stabilisant ou réduisant leur comportement sédentaire au fil des années.

Outre les facteurs de risque cardio-vasculaire, l'AP de l'enfant et de l'adolescent semble avoir des effets positifs sur la santé osseuse, la composition corporelle (Cheng et al. 2009, Chevalley et al. 2014) et la santé mentale de l'adulte (McKercher et al. 2014). Un suivi de 20 ans a suggéré que les femmes actives à l'adolescence et qui le sont restées ont un risque de dépression réduit de 51% ; chez les hommes, ceux qui ont augmenté et ceux qui ont stabilisé leur AP ont respectivement réduit ce risque de 69 % et de 65 % comparativement à ceux qui sont inactifs (McKercher et al. 2014).

Bien que plusieurs études fassent état de tendances favorables quant à un effet bénéfique de l'AP pratiquée au cours de l'enfance et de l'adolescence, d'autres études sont nécessaires pour comprendre comment l'AP pourrait avoir un impact à long terme sur la santé.

Des études seront également nécessaires pour comprendre les effets du comportement sédentaire à l'âge adulte.

Globalement, les conclusions des travaux tendent à attribuer à l'AP pratiquée au cours de l'enfance et de l'adolescence des effets positifs sur la santé de l'adulte (risque cardio-métabolique, composition corporelle, facteurs mentaux...). La stabilité des comportements d'AP et de sédentarité au cours des années et leur impact sur la santé de l'adulte restent à comprendre.

Activité physique et réussite scolaire

Avant de s'intéresser à la réussite scolaire proprement dite, il convient de rappeler, comme cela a été souligné dans plusieurs revues systématiques de littérature, qu'un nombre croissant de recherches a mis en évidence les effets positifs de l'AP sur différents aspects des fonctions cérébrales (Hillman et al. 2008, Hillman et al. 2011) et son impact favorable sur les fonctions exécutives dans l'apprentissage (Barenberg et al. 2011).

Parallèlement, de nombreux auteurs se sont intéressés plus spécifiquement à l'association entre l'AP scolaire, incluant l'éducation physique et sportive (EPS), et la réussite scolaire chez les jeunes de 5 à 18 ans. Plusieurs analyses de littératures ont été publiées récemment sur le sujet. Pour Rasberry et al. (2011), le concept de « performance scolaire » est utilisé au sens large pour décrire différents facteurs qui peuvent influencer le succès des élèves à l'école. Ils sont regroupés en trois catégories principales : (1) les habiletés cognitives (fonctionnement exécutif, attention, mémoire, compréhension verbale et traitement de l'information) et attitudes (motivation, image de soi, satisfaction, lien avec l'école) ; (2) les comportements scolaires (application, organisation, planification, participation, contrôle de soi) ; (3) la réussite scolaire (scores obtenus à des tests standardisés dans différentes matières, notes finales moyennes – GPAs, tests réalisés en classe, autres types d'évaluation formelle).

Exploitant les données présentées par le CDC en 2010, Rasberry et al. (2011) ont sélectionnée répertorié 43 articles, publiés entre 1985 et 2008, étudiant les liens entre AP et réussite scolaire. Ces articles présentaient 50 études 22 ayant pour cadre l'enseignement primaire 27 l'enseignement secondaire et une les deux niveaux. Ces études provenaient principalement des Etats-Unis (34/50). Un total de 251 associations entre l'AP et les résultats scolaires a été identifié. Pour ces derniers, les indicateurs le plus fréquemment mesurés étaient les habiletés cognitives et les attitudes (112 des 251 associations testées). Plus de la moitié des associations testées (50,5%) étaient positives et concernaient les résultats scolaires, le comportement de l'élève ainsi que les habiletés cognitives et les attitudes. Seulement 1,5 % des associations testées étaient négatives. Cette image positive (très rares effets négatifs) se confirme quel que soit le contexte dans lequel est organisée l'AP (Tableau 25).

Tableau 25. Type d'associations observées pour les résultats scolaires, le comportement de l'élève, les habiletés cognitives et les attitudes (d'après Centers for Disease Control and Prevention 2010)

Contexte	Etudes (n)	Associations (n)	Associations positives (%)	Pas d'association (%)	Associations négatives (%)
Education physique	14	79	49,5	49,5	1
Récréation	8	17	59	41	0
Classe	9	20	40	60	0
Hors programme	19	135	46	52	2

Cette étude a conclu que l'AP peut favoriser les résultats scolaires tant au niveau de la durée des études que les notes obtenues lors de tests standardisés. Un autre constat était que l'augmentation du temps consacré à l'AP n'exerce pas d'impact négatif sur les performances scolaires des élèves. Ces effets favorables peuvent être mis en parallèle avec l'amélioration de l'attitude, de la concentration et du comportement des élèves. Ceci confirme les perceptions des enseignants qui intègrent des pauses « activité physique » dans leur classe (Maeda and Murata 2004, Trudeau and Shephard 2008).

La méta-analyse de Fedewa et Ahn (2011) a considéré 59 études, publiées entre 1940 et 2009. Cette méta-analyse a montré un impact positif et significatif de l'AP sur les résultats cognitifs et la réussite scolaire des enfants (amplitude de 0,28 avec un SF de 0,03 témoignant d'un effet faible à moyen). Les auteurs soulignaient que les interventions proposant des exercices centrés sur la filière aérobie amenaient l'impact le plus important, suivies par les programmes traditionnels d'EPS.

Singh et al. (2012) ont réalisé une revue systématique d'études prospectives publiées de 1990 à 2010. L'exposition principale était une mesure de l'AP ou de la condition physique pendant l'enfance ou l'adolescence. L'événement correspondait à une mesure de la performance académique ou un indicateur des capacités cognitives des enfants. Les auteurs ont retenu 10 études observationnelles et 4 études interventionnelles, dont la qualité méthodologique a été cotée entre 22 % et 75 %. Seules 2 études sur les 14 retenues ont pu atteindre une qualité méthodologique jugée satisfaisante. L'une d'elle est une étude observationnelle impliquant 11 957 adolescents de 12 à 18 ans. Les données ont révélé que les adolescents impliqués dans des AP organisées par l'école auraient de meilleures notes en mathématiques et anglais (Nelson et Gordon-Larsen 2006). L'autre étude est une intervention par laquelle, 90 minutes d'AP additionnelle s'est traduite par de meilleurs scores académiques chez les enfants du groupe expérimental (Donnelly et al. 2009). Les autres études, de qualité méthodologique plus faible, ont produit des tendances similaires.

Pour leur part, Howie et Pate (2012) ont analysé 72 articles publiés avant 2007 et 53 parus entre 2007 et 2012, considérant les résultats cognitifs ou scolaires comme objectif principal de recherche, en relation avec des variables liées à l'AP. Les auteurs ont souligné que, tant la quantité que la qualité des études a augmenté de manière remarquable au cours des cinq années précédant la conclusion de l'analyse mais qu'il persiste certaines limites méthodologiques.

Il reste difficile de tirer des conclusions définitives au sujet des relations entre l'AP et les résultats scolaires. Les tendances restent positives et mettent en évidence une évolution parallèle entre les variables. Toutefois, les résultats se montrent toujours inconstants. Ceux qui présentent le plus de régularité concernent les fonctions exécutives telles que l'inhibition et la mémoire de travail. En fait, de nombreuses recherches identifient des effets positifs avec certains types de sujets mais pas avec d'autres, justifiant qu'il faille encore poursuivre les investigations avant de tirer des conclusions définitives.

En France, l'étude de Laure et Binsinger (2009) semble être l'unique publication ayant abordé le lien entre la pratique régulière de l'AP et les résultats scolaires. Elle a été réalisée dans 51 collèges du département des Vosges où, tous les six mois, de mai 2003 à mai 2005, 1 411 élèves ont répondu à cinq reprises à un questionnaire portant notamment sur la nature et le volume horaire de la pratique sportive scolaire et extrascolaire et la moyenne scolaire générale, sur 20. Dans les limites de cette recherche, les auteurs mentionnent également un effet bénéfique de l'AP sur les performances scolaires, quel que soit le volume horaire hebdomadaire réalisé.

La lecture des différentes publications traitant des relations entre l'AP et les résultats scolaires met clairement en évidence que celles-ci s'inscrivent dans un processus multifactoriel. Les relations supposées entre les variables étudiées et leur conception opérationnelle permettent d'envisager l'existence de facteurs médiateurs potentiels (Howie and Pate 2012). Ainsi, l'AP (niveau de condition physique, pratique habituelle, participation sportive, etc.) amènerait des modifications au niveau des fonctions cognitives (fonction exécutive, attention, mémoire, quotient intellectuel, etc.) qui, elles-mêmes exerceraient un impact sur la réussite scolaire (notes et résultats, tests standardisés, comportement en classe, etc.). Cette complexité devrait être prise en compte dans les recherches à venir.

Effets de l'activité physique et de la sédentarité sur la santé des enfants et des adolescents

L'activité physique a des effets positifs sur la condition physique et la composition corporelle, les facteurs psychologiques, sociaux, cognitifs et comportementaux : plus spécifiquement, elle permettrait d'améliorer la confiance et l'estime de soi, de réduire l'anxiété, le stress et les risques de dépression.

Bien qu'en nombre encore insuffisant, les études ayant analysé les relations entre l'activité physique des jeunes et la santé à l'âge adulte ont suggéré un effet positif de l'activité physique pratiquée pendant l'enfance et l'adolescence sur la santé à l'âge adulte.

Condition physique, activité physique et santé

- L'activité physique apparaît comme une composante essentielle de la santé des jeunes, quel que soit leur statut pondéral. Cette relation entre AP et santé serait médiée par la condition physique.
- Chez les enfants en surpoids et plus particulièrement obèses, une bonne condition physique permet de limiter les risques liés à un IMC élevé (cardio-vasculaires, résistance à l'insuline).
- Les relations causales entre activité physique, condition physique et santé nécessitent d'être davantage étudiées.
- La pratique d'une AP d'intensité élevée est nécessaire pour renforcer le système musculaire.
- La sédentarité a un effet délétère sur les facteurs de bonne santé.

Composition corporelle

- L'activité physique régulière exerce un effet positif sur la prédisposition à la prise de poids et est un élément majeur du contrôle de la masse et de la composition corporelle.

Facteurs de risque cardio-vasculaire

- Malgré le manque d'études, il ressort que l'activité physique diminue les risques d'hypertension et de résistance à l'insuline, améliore le profil lipidique et diminue ainsi le risque de syndrome métabolique.
- L'AP ne semble pas associée à une modification de la concentration circulante de facteurs inflammatoires (protéine C réactive et interleukine 6).
- D'autres études sont nécessaires pour comprendre les relations entre l'activité physique, la condition physique et la prévention du développement d'un état inflammatoire à bas bruit.

Santé osseuse

- La période pubertaire est essentielle pour permettre une augmentation de la densité osseuse par l'activité physique.
- La sédentarité a des effets délétères sur le développement osseux.
- La fréquence de l'activité physique s'avère plus importante que son volume.

Réussite scolaire

- Globalement, l'activité physique et sportive exerce un effet favorable à nul sur les fonctions cognitives et les résultats scolaires des jeunes de 5 à 18 ans ; les études dans lesquelles un effet négatif est mis en évidence sont très rares.
- L'inconstance des résultats nécessite que des études beaucoup plus rigoureuses sur le plan méthodologique soient conduites afin que l'on puisse identifier quel type et quantité d'activité physique est le plus efficace et comment se caractérisent les effets induits.

Caractéristiques de l'AP et de la sédentarité

Activité physique

- Au moins 60 minutes par jour au moins 5 jours par semaine.
- Combiner des activités d'intensité modérée et élevée.
- Intégrer des AP à impact pour renforcer le système osseux.
- Plus l'AP est fréquente et conséquente et meilleurs sont les bénéfices.

Sédentarité

- Etre réduite au maximum.
- Ne pas dépasser 2 heures en continu.

3.3.12.2 Femmes en période de grossesse et de post-partum

La grossesse est une période au cours de laquelle les changements physiologiques sont importants (e.g. asthénie, prise de poids physiologique), avec des « petits maux » associés tels que les nausées, les douleurs lombaires ou de l'abdomen qui peuvent perturber le bien-être. Jusqu'à une période encore récente, la crainte d'une fausse couche ou d'un accouchement prématuré était souvent mise en avant par les femmes en période de grossesse et certains professionnels. En effet, des risques potentiels de la pratique d'une AP pendant la grossesse ont été véhiculés par le milieu médical : (1) hyperthermie fœtale avec effet tératogène (McMurray and Katz 1990) ; (2) réduction de l'apport d'oxygène à l'utérus et au placenta par redistribution vers les muscles favorisant l'hypoxie fœtale (Clapp 1980, Lotgering et al. 1983) ; (3) sécrétion d'hormones stimulant la contraction de l'utérus (Durak et al. 1990, Spinnewijn et al. 1996) et ; (4) réduction d'apports en nutriments, notamment en glucose (Bonen et al. 1992, McMurray et al. 1988, Treadway and Young 1989). Ces éléments, principalement extrapolés à partir d'expériences menées chez l'animal, n'ont jamais été retrouvés chez l'Homme (Clapp 1980, Lotgering et al. 1983, McMurray and Katz 1990, Treadway and Young 1989). Au contraire, des données plus récentes ont montré que la pratique raisonnable d'une AP pendant la grossesse présentait peu de dangers tout en assurant de réels bénéfices pour la femme et le devenir de sa grossesse (Bonen et al. 1992, Durak et al. 1990, Kennelly et al. 2002, Larsson and Lindqvist 2005, Spinnewijn et al. 1996).

3.3.12.2.1 Effets de l'activité physique et de la sédentarité au cours de la grossesse

3.3.12.2.1.1 Résumé de l'expertise INSERM de 2008

L'expertise collective de l'INSERM précisait que, malgré le peu de recherches, plusieurs études vont dans le sens d'un effet bénéfique de la pratique d'une AP au cours de la grossesse, avec des effets positifs sur : le diabète gestationnel, la sensibilité à l'insuline, la santé mentale et le bien-être, les nausées, la douleur, la fatigue, la constipation, le contrôle du poids et sur la condition physique.

3.3.12.2.1.2 Données récentes

Les effets relatés dans l'expertise INSERM (2008) ont été confirmés dans la revue Cochrane de 2006 (Kramer and McDonald 2006) et les revues systématiques de Nascimento et al. (2012) et Mudd et al. (2012) concernant les points suivants :

- diminution de l'incidence de la dépression ;
- amélioration du retour veineux ;
- diminution des lombalgies ;
- amélioration du bien-être global de la femme en période de grossesse ;
- meilleure condition physique.

L'hétérogénéité des méthodes de mesure entre les études rend parfois les comparaisons difficiles. Les meilleurs niveaux de preuve sont atteints surtout par les études d'intervention qui ont comparé une amélioration avec le programme d'AP (variation avant-après).

D'autres effets, notamment sur l'accouchement prématuré, la pré-éclampsie, la prise de poids et le diabète gestationnel ont été précisés.

Accouchement prématuré

Compte tenu de la stimulation mécanique de l'utérus pendant l'exercice (en particulier au niveau du col et du segment inférieur), ajouté à l'effet contractile des catécholamines et de l'hyperthermie, il a longtemps été cru que le risque d'accouchement prématuré (accouchement avant 37 semaines d'aménorrhée) pourrait être plus élevé chez la femme sportive. Cependant, à l'heure actuelle,

aucune publication n'a mis en évidence un plus fort risque d'accouchement prématuré chez les femmes sportives qui ne sont pas à risques d'accouchement prématuré.

Au contraire, plusieurs études ont mis en avant l'absence d'association entre l'AP pendant la grossesse et le risque relatif d'accouchement prématuré. Une revue Cochrane a montré l'absence d'association entre l'exercice aérobie régulier pendant la grossesse et la prématurité chez les femmes qui n'étaient pas à risque (RR = 1,82, IC_{95%} = [0,35–9,57]) (Kramer and McDonald 2006). De même, le suivi prospectif de 87 232 grossesses singletons incluses dans la cohorte Danoise (Danish National Birth Cohort) entre 1996 et 2002 n'a montré aucun effet de l'AP sur le risque de prématurité, quelle que soit la classification de l'AP (volume, type, intensité, dépense énergétique) (Juhl et al. 2008).

Par ailleurs, les résultats du suivi des 61 098 grossesses enrôlées dans la cohorte MoBa a également montré que, en comparaison avec les femmes non actives, les femmes pratiquant 3 à 5 fois par semaine une AP à la 17^{ème} ou à la 30^{ème} semaine de gestation auraient un risque significativement diminué d'accouchement prématuré (OR = 0,82, IC_{95%} = [0,73-0,91] et OR = 0,74, IC_{95%} = [0,65-0,83], respectivement) (Owe et al. 2012). Ainsi 40 % des femmes qui s'engagent dans une AP (quel que soit le type) pendant la grossesse en comparaison avec les femmes qui restent non actives ont un risque diminué (HR = 0,82, IC_{95%} = [0,76- 0,88]). Il ne semble toutefois pas exister d'effet dose-réponse.

Ainsi, les études réalisées sur l'AP pendant la grossesse et le risque de prématurité sont encourageantes, ne rapportant pas d'augmentation ou un risque de prématurité faiblement diminué chez les femmes ayant une AP régulière.

Pré-éclampsie

Une revue systématique Prisma a considéré 17 articles, soit 6 études cas-contrôles, 10 études prospectives et une étude randomisée (Kasawara et al. 2012). Malgré une grande hétérogénéité des études, les auteurs ont conclu à un effet protecteur de l'AP en prévention de la pré-éclampsie. Ces effets ont été retrouvés dans les études cas-témoins (OR = 0,77 ; IC_{95%} = [0,64-0,91], p < 0,01) et dans l'étude clinique randomisée (OR = 6,34, IC_{95%} = [0,72–55,37], p = 0,09) ; les études prospectives n'ont pas montré d'effet (OR = 0,99, IC_{95%} = [0,93–1,05], p = 0,81).

Plus récemment, une étude d'intervention a été réalisée chez des femmes inactives avant la grossesse et à risque de pré-éclampsie (hypertension chronique ou antécédents de pré-éclampsie) (Kasawara et al. 2013). Ces femmes ont été randomisées en 2 groupes de 58 sujets (intervention contre contrôle). Le groupe intervention a bénéficié de 30 minutes d'ergocycle une fois par semaine, sous la supervision d'un professionnel. Les auteurs ont conclu que cette AP n'a pas induit de risque de pré-éclampsie pour la mère ni de risques pour l'enfant (prématurité, retard de croissance intra-utérin, etc.).

Une augmentation du risque de pré-éclampsie a cependant été rapportée par deux revues, pour les femmes ayant une AP liée au travail au cours de la grossesse (nombreuses heures de travail en station debout ou travail physique important) (Bonzini et al. 2007, Kasawara et al. 2012). L'actualisation de la revue de Bonzini et al. (2007), ayant inclus 33 études supplémentaires, a toutefois montré que la prise en compte de l'AP au travail, indépendamment des horaires de travail et du travail posté, n'induisait pas de risque de pré-éclampsie (Palmer et al. 2013).

Ainsi, l'AP pratiquée pendant la grossesse n'induit pas de risque augmenté de pré-éclampsie et semble même avoir un rôle protecteur. D'autres études, portant notamment sur de plus grands effectifs, seraient nécessaires pour confirmer ces effets et préciser le type, la fréquence et la quantité d'AP permettant de diminuer le risque.

Prise de poids pendant la grossesse et perte de poids après la grossesse

L'effet du poids et de l'IMC maternels ne sont pas négligeables : ils ont été positivement corrélés au poids de naissance du fœtus, de l'enfant et, à terme de l'adulte, indépendamment des facteurs génétiques (Ludwig and Currie 2010). Chez la mère, la prise de poids excessive au cours de la grossesse a été associée à des risques augmentés de développer un diabète gestationnel, une HTA et des complications au cours de l'accouchement (en particulier du fait de la macrosomie), quel que soit l'IMC en début de grossesse. La prise de poids excessive est également associée à l'absence de perte de poids après la grossesse et tous deux constituent des facteurs prédictifs d'obésité (risque d'obésité multiplié par 2 à 3), de pathologie cardio-vasculaire et de diabète de type 2 à long terme (Beyerlein et al. 2009, Mamun et al. 2009, Streuling et al. 2011a). Ainsi, pour un gain total de poids lié à la grossesse (défini par la différence entre le poids avant la grossesse et le poids lors de la délivrance) de 4 kg sur 40 semaines de grossesse, Oken et al. (2009) ont rapporté une augmentation significative du risque de macrosomie (OR = 1,43 chez les femmes d'IMC normal ; OR = 1,29 chez les femmes en surpoids), de rétention de poids supérieur ou égal à 5kg un an après l'accouchement (OR = 1,68 chez les femmes d'IMC normal ; OR = 1,97 chez les femmes en surpoids) et d'obésité chez les enfants à l'âge de 3 ans (OR = 1,16 chez les femmes d'IMC normal ; OR = 1,35 chez les femmes en surpoids).

De nombreuses études ont montré que cette prise de poids pouvait être prévenue ou limitée par l'AP et par l'alimentation. Dès 2000, Clapp et al. (2000) a mis en avant une prise de poids plus faible et un retour plus rapide au poids antérieur en cas d'AP commencée et poursuivie pendant le troisième trimestre de la grossesse. Une revue Cochrane (Kramer and McDonald 2006) n'a toutefois pas mis en évidence d'effet significatif de l'AP sur la prévention de la prise de poids pendant la grossesse ; il ne s'agissait toutefois pas de l'objectif principal de la revue. En 2011, la méta-analyse de Streuling et al. qui a considéré 13 études, soit 906 femmes, a rapporté une prise de poids significativement plus basse chez les femmes qui avaient bénéficié d'une intervention par l'AP seule (sans prise en charge diététique associée) au cours de la grossesse par rapport aux femmes des groupes contrôles. Cette différence restait significative après l'analyse de sensibilité, excluant trois études avec un risque élevé de biais (différence moyenne de 0,93kg, IC_{95%} = [-1,35 ; -0,50]) (Streuling et al. 2011b). Ces données ont été confortées et renforcées par une nouvelle méta-analyse n'ayant retenu que des études incluant un nombre élevé de participantes et proposant des programmes d'AP standardisés et reproductibles (Sanabria-Martinez et al. 2015) (13 études randomisées contrôlées incluant au total 2873 femmes : 1434 dans le groupe intervention et 1439 dans le groupe contrôle) : la prise de poids était significativement plus basse chez les femmes qui avaient bénéficié d'une intervention par l'AP seule (différence moyenne de 1,14kg, IC_{95%} = [-1,50 ; -0,78] ; p < 0,001). De plus, une étude par sous-groupes a montré que le type d'exercice n'intervenait pas dans l'importance de la limitation de la prise de poids : mêmes effets pour des exercices de type aérobie ou pour un entraînement combiné (endurance + renforcement musculaire). Une autre revue Cochrane publiée en 2015 (11 études randomisées contrôlées incluant au total 4 422 femmes) a abouti aux mêmes conclusions : les femmes qui bénéficient pendant la grossesse d'interventions d'AP seule ou d'un régime seul (régime à index glycémique faible ou pauvre en lipides ou hypocalorique) ou des 2 types d'interventions combinées ont une diminution moyenne de 20 % du risque de prise de poids excessive pendant la grossesse par rapport aux femmes du groupe contrôle (Muktabhant et al. 2015) (la définition de la prise de poids excessive dépend de l'IMC de départ et de l'ethnicité et est donc variable d'une étude à l'autre). Cette diminution est retrouvée quel que soit le type d'intervention (AP, régime alimentaire ou combinaison des deux) sauf dans les groupes ne proposant qu'un régime seul, mais avec les réductions les plus fortes observées dans les études d'intervention associant AP et régime alimentaire supervisées (RR = 0,80, IC_{95%} = [0,73 ; 0,87], 7096 femmes, 24 études). Une analyse de sensibilité réalisée pour exclure 5 études avec un risque de biais élevé retrouve les mêmes résultats en faveur des groupes avec intervention supervisée (RR = 0,82, IC_{95%} = [0,76 ; 0,89], 6437 femmes, 19 études). De plus, quand sont considérés exclusivement les résultats des groupes AP seule (AP supervisée ou non), les effets de l'AP seule sont identiques à ceux des études combinant AP et régime : RR pour AP seule = 0,79 (IC_{95%} = [0,70 ; 0,89]), 1901 femmes, 6 études (I² = 0 %).

Ces résultats sont particulièrement intéressants dans le contexte de la publication récente d'une plus vaste étude évaluant l'effet d'une prise en charge nutritionnelle anténatale sur le risque de complications materno-fœtales chez les femmes en surpoids/obèses. Cette étude randomisée réalisée sur des femmes indemnes de diabète à l'inclusion ($n = 2152$) a montré qu'un accompagnement nutritionnel serait inefficace pour prévenir le diabète gestationnel et la macrosomie (Dodd et al. 2014). Aucune différence significative n'a été rapportée pour le groupe intervention ($n = 1075$), ayant bénéficié d'un accompagnement nutritionnel, concernant un poids élevé à la naissance (19 % des nouveau-nés contre 21 % dans le groupe contrôle ; $p = 0,24$), l'incidence du diabète gestationnel (14 % contre 11 %) ou sur la survenue d'autres complications maternelles ou fœtales (hypertension gravidique et pré-éclampsie, accouchement prématuré, hypoglycémies néonatales). Une diminution du risque de macrosomie a toutefois été rapportée (15% des nouveaux nés dans le groupe intervention contre 19 % chez les témoins, $p = 0,03$). Concernant la prise de poids, l'accompagnement nutritionnel n'a pas réduit le risque, ni la prise de poids excessive. Les analyses post-hoc montrent que l'évolution pondérale n'était pas différente entre les groupes : prise de 9,39 kg ($\pm 5,74$) dans le groupe intervention et de 9,44 kg ($\pm 5,77$) chez les témoins ($p = 0,89$). Par contre ces résultats sont contradictoires avec ceux rapportés dans la revue Cochrane de 2015, mais cela s'explique par le fait qu'un seul type d'accompagnement nutritionnel était étudié pour Dodd et al. contre différents types de régime dans la revue Cochrane.

Ainsi, l'AP permet de limiter la prise de poids au cours de la grossesse. Compte-tenu de l'importance du retentissement materno-fœtal à court et long terme d'une prise de poids excessive pendant la grossesse, des études sont nécessaires pour apprécier l'efficacité de l'association AP et accompagnement nutritionnel pendant la grossesse et préciser ses modalités.

Prévention du diabète gestationnel

Le diabète gestationnel (DG) concerne en moyenne 6 % des grossesses et sa prévalence augmente partout dans le monde. Il entraîne des risques fœtaux et obstétricaux avec des risques plus élevés de pré-éclampsie, de césarienne, et, du fait de la macrosomie, de rupture utérine et de lacérations périnéales (Metzger et al. 2008). A plus long terme, les femmes ayant développé des troubles glycémiques pendant la grossesse ont 6 à 8 fois plus de risques de développer un DT2 (Chodick et al. 2010). Les enfants nés de femmes ayant présenté un DG sont à risque de macrosomie (poids de naissance > 4 kg) et de complications néonatales (syndrome de détresse respiratoire, hypoglycémie, hyperbilirubinémie, cardiomyopathie, etc.). A plus long terme, ces enfants sont à risque de surpoids ou d'obésité, de développer un diabète et d'avoir des troubles du développement intellectuel (Metzger et al. 2008).

Les facteurs de risque du DG sont des facteurs non modifiables (âge maternel avancé, antécédents d'enfant macrosomique, de DG, antécédents familiaux de DT2, poids de naissance élevé ou bas, parité élevée) et des facteurs modifiables : surpoids-obésité, inactivité physique, sédentarité, prise de poids excessive pendant la grossesse, syndrome des ovaires polykystiques (Metzger et al. 2008).

Activité physique démarrée pendant la grossesse

En 2012, une revue Cochrane a rassemblé cinq études d'intervention randomisées (soit 1115 femmes) ayant étudié le rôle d'une AP (supervisée ou non) pendant la grossesse, sans prise en charge diététique associée pour prévenir le diabète gestationnel ou l'intolérance au glucose (Han et al. 2012). Les auteurs ont conclu à un niveau d'évidence limitée : la comparaison des femmes recevant des interventions supplémentaires d'AP par rapport à celles ayant les soins anténataux habituels n'a pas montré d'effet significatif sur l'incidence du DG (3 études, 826 femmes ; $RR = 1,10$, $IC_{95\%} = [0,66-1,84]$). Cette revue vient d'être actualisée en 2015, avec pour objectif de déterminer les effets de l'AP associée à une prise en charge diététique au cours de la grossesse pour prévenir le risque de survenue d'un diabète gestationnel (Bain et al. 2015) : 13 études

d'intervention randomisées (qualité modérée) impliquant 4983 femmes et leurs bébés ont été retenues. Quand les femmes recevant une intervention combinant AP et régime alimentaire sont comparées à celles ne recevant pas d'intervention, il n'y a pas de différence pour le risque de développer un DG (11 études, 3744 femmes ; RR = 0,90, IC_{95%} = [0,68-1,23]), ni d'avoir une césarienne, d'accoucher d'un enfant de poids supérieur à la normale par rapport à l'âge gestationnel, d'enfant mort-né ou de mort néonatale (mais une seule étude pour ces 2 derniers éléments, $n = 2202$ nouveau-nés). Par contre, les femmes recevant une intervention combinant AP et régime alimentaire ont une diminution significative du risque d'accouchement prématuré (5 études 2713 femmes ; RR = 0,71, IC_{95%} = [0,55-0,93]) et une tendance à une moindre prise de poids pendant la grossesse (8 études 2707 femmes ; RR = 0,71, IC_{95%} = [-1,55-0,03]), $p = 0,006$) mais sans différence dans la rétention de poids en postpartum.

Ces résultats sont en contradiction avec ceux d'une méta-analyse publiée aussi en 2015 et qui a au contraire montre que l'AP régulière d'intensité modérée réalisée pendant la grossesse est associée à une diminution de 31 % de l'incidence du DG (Sanabria-Martinez et al. 2015). Dans cette méta-analyse, n'ont été retenues que les études d'intervention randomisées contrôlées incluant un nombre élevé de participantes (13 études incluant au total 2873 femmes : 1434 dans le groupe intervention et 1439 dans le groupe contrôle) et proposant des programmes d'AP standardisés et reproductibles : l'incidence du DG est significativement plus basse chez les femmes qui ont bénéficié d'une intervention par l'AP seule (RR = 0,69, IC_{95%} = [0,52 ; 0,91], $p = 0,009$). L'analyse par sous-groupes montre que l'incidence du DG est encore plus faible quand l'AP est réalisée pendant toute la grossesse en comparaison à une AP réalisée à partir du second trimestre (RR = 0,64, IC_{95%} = [0,36 ; 0,98], $p = 0,038$). De plus le risque de DG est plus faible quand l'AP associe un programme combinant endurance, renforcement musculaire et assouplissements contre endurance seule. Enfin, aucun effet secondaire n'a été rapporté chez la mère comme chez le nouveau-né.

Il est à noter qu'aucune étude n'a suivi les effets de cette prise en charge sur le nouveau-né au-delà de la naissance (enfance, âge adulte).

Compte-tenu de la faible puissance et qualité des études considérées, il est difficile de conclure sur l'effet d'une AP initiée pendant la grossesse, en prévention du DG. Des études complémentaires seraient nécessaires.

Activité physique démarrée l'année précédant la grossesse

Après ajustement sur les principaux facteurs de confusion, Oken et al. (2006) ont conclu que les femmes engagées dans une AP l'année précédant la grossesse ont un risque réduit de DG (OR = 0,49 ; IC_{95%} = [0,24-1,01]) ou d'intolérance au glucose (OR = 0,70 ; IC_{95%} = [0,49-1,01]) comparées aux femmes non actives ; cet effet, apparaissant dès trois heures d'activité par semaine chez les femmes ayant un IMC normal ou en surpoids, est renforcé par la pratique d'une activité d'intensité élevée. Inversement, aucune association n'a été rapportée entre risque de DG et temps de sédentarité (temps passé devant la télévision).

Ces résultats ont été confirmés par la revue de Zavorsky (Zavorsky and Longo 2011) suggérant que l'AP devrait être pratiquée au moins l'année précédant la grossesse et maintenue pendant la grossesse pour prévenir la survenue d'un diabète gestationnel. La méta-analyse de Tobias et al. (2012) confirme l'importance de l'AP avant la grossesse ou en début de grossesse puisque quand les femmes les plus actives sont comparées aux moins actives le risque de développer un DG est diminué de 55 % quand l'AP a lieu avant la grossesse (OR = 0,45 ; IC_{95%} = [0,28-0,75], $n = 34929$ femmes et 2813 cas de DG) et de 24 % quand l'AP a lieu en début de grossesse (OR = 0,76 ; IC_{95%} = [0,70-0,83], $n = 4401$ femmes et 361 cas de DG).

Ainsi, l'AP semble présenter un intérêt majeur sur la prévention du DG, lorsqu'elle est pratiquée l'année précédant la grossesse, d'autres études sont cependant nécessaires pour déterminer

l'effet d'une AP débutée pendant la grossesse et dans les deux cas, en préciser les caractéristiques (type, durée, intensité, fréquence).

Conséquences néonatales

Plusieurs revues ont montré que l'AP pratiquée régulièrement pendant la grossesse n'avait pas d'effet négatif sur le poids de naissance, l'âge gestationnel et le score d'Apgar (Clapp III 2003; Mudd et al. 2013, Nascimento et al. 2012). Par contre, plusieurs revues récentes ont montré que les enfants nés de mères obèses ou qui ont eu un gain excessif de poids pendant la grossesse ont un risque augmenté d'obésité ; l'obésité maternelle pouvant induire des modifications de l'environnement intra-utéro (programmation néo-natale) (Nascimento et al. 2012).

Des travaux sur les effets à long terme et les interactions entre AP pendant la grossesse et effets sur le développement foetal et post natal à long terme ont encore à être menés, en excluant de nombreux biais potentiels (rôle de la nutrition, de l'IMC de la mère, de l'AP avant la grossesse, etc.), pour déterminer si l'AP pendant la grossesse peut limiter les effets de cette programmation néo-natale qui pourrait favoriser l'apparition de troubles métaboliques ultérieurement chez l'enfant.

3.3.12.2.1.1 Activité physique et bien-être, dépression et qualité de vie de la femme en période de grossesse et en post-partum

La réduction de l'AP et les troubles de l'humeur sont communs chez les femmes en période de grossesse (Poudevigne and O'Connor 2006) ; des conditions telles que la dépression, l'anxiété et la fatigue peuvent entraver l'engagement physique (Poudevigne and O'Connor 2006). Par ailleurs, Bennett et al. (2004) ont rapporté une prévalence de dépression de 7,4 %, 12,8 % et 12 % au 1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème} trimestre, respectivement. Plus récemment, dans une étude de cohorte Norvégienne impliquant près de 3000 femmes en période de grossesse, il a été observé que 8,2 % des femmes présentaient des symptômes dépressifs à leur 32^{ème} semaine de grossesse (Gjestland et al. 2013). L'état dépressif associé aux douleurs et incapacités liées à la grossesse peuvent conduire à une baisse de l'AP, de la qualité de vie et une augmentation des arrêts de travail pour maladie chez la femme.

Certaines données semblent suggérer que le maintien d'une AP régulière pendant la grossesse serait associé à une diminution du risque de dépression et à une augmentation du bien-être et la qualité de vie liée à la santé de la femme en période de grossesse (Gjestland et al. 2013, Loprinzi et al. 2012).

Dans la cohorte Norvégienne (Gjestland et al. 2013), il a été observé que les femmes qui réalisaient de une AP 1 à 2 fois par semaine en milieu de grossesse (17-21 semaines) avaient 34% moins de risque (OR = 0,66 ; IC_{95%} = [0,48 - 0,91]) de présenter des symptômes dépressifs comparativement à celles qui pratiquaient moins d'une fois par semaine ou aucune AP (Gjestland et al. 2013). L'association entre l'AP et les symptômes dépressifs de la femme en période de grossesse serait expliquée par le fait que l'AP peut amener un détournement de l'attention par rapport aux inconforts dus à la grossesse (tel que le mal de dos (50 % des femmes en période de grossesse) ou les douleurs de la ceinture pelvienne (20-45 % des femmes en période de grossesse). L'AP peut également améliorer l'auto-efficacité et provoquer une augmentation des concentrations d'endorphines, de norépinephrines et de sérotonine (Paluska and Schwenk 2000). Ce sont néanmoins des explications qui méritent une confrontation avec l'expérience.

A l'issue d'un ERC, consistant à un programme d'exercices de type aérobie (i.e., Marche : 10 min, Exercices de type aérobie : 30 min, Stretching : 10 min et Relaxation : 10 min) d'une durée de 3 mois, il a été observé chez des femmes en période de grossesse de 16 à 20 semaines, une baisse des symptômes dépressifs de 4 points (IC_{95%} = [1-7]) chez les femmes du groupe expérimental comparées à celles du groupe contrôle (Robledo-Colonia et al. 2012).

A partir d'un échantillon de 56 femmes en période de grossesse dont l'AP (auto-rapportée), la qualité de vie et la dépression ont été suivies entre la 10-15^{ème} semaine jusqu'à la 19-24^{ème} semaine de grossesse (Tendais et al. 2011). Les AP modérées et les AP professionnelles sont restées stables au cours du temps. La prévalence de femmes atteignant les recommandations de 30 min/j d'une AP modérée était de 39 % au 1^{er} trimestre et de 13 % au 2^{ème} trimestre. Du 1^{er} au 2^{ème} trimestre, plusieurs dimensions de la qualité de vie ont baissé significativement ; la composante mentale a augmenté, indépendamment de l'AP.

En revanche, les études transversales ont produit des résultats assez contrastés. Certaines études ont révélé une association entre l'augmentation de l'exercice physique ou de l'AP globale (professionnelle, loisir et transport) et les moindres symptômes dépressifs chez les femmes en période de grossesse alors que d'autres n'ont pas rapporté une telle relation (Gjstelund et al. 2013). Le manque d'association documenté par certaines études observationnelles serait lié aux faibles tailles d'échantillon impliqué, à l'homogénéité des échantillons, considérés parfois comme ayant un niveau d'AP supérieur à la population générale (Downs et al. 2008).

Une étude récente a permis d'apparier et de comparer les symptômes dépressifs et la qualité de vie chez 74 femmes enceintes obèses (IMC ≥ 30 kg/m²) physiquement actives à 79 femmes enceintes d'un IMC identique, mais physiquement inactives (Claesson et al. 2013). Les symptômes dépressifs et la qualité de vie ont été évalués aux semaines 15 et 35 de la grossesse ainsi que 11 semaines *post-partum*. Il a été obtenu qu'à 15 et 35 semaines de grossesse, les femmes actives présentaient moins de symptômes dépressifs que leurs paires inactives, même après ajustement sur les paramètres sociodémographiques. En revanche, les femmes obèses inactives présentaient moins de symptômes dépressifs à 11 semaines *post-partum* ($p = 0,03$) ; une différence qui s'est éteinte après la prise en compte de la socio-démographie ($p = 0,06$) (Claesson et al. 2013). En ce qui concerne les indicateurs de la qualité de vie, évaluée avec le SF-36, c'est à la 35^{ème} semaine de grossesse qu'il y avait le plus de différences entre les femmes des deux groupes, à la fois sur le fonctionnement physique, le fonctionnement social, les limites liées aux problèmes émotionnels, la santé mentale générale, pour lesquels le groupe des femmes obèses actives présentaient les meilleurs scores. Un résultat analogue a été obtenu pour la santé globale perçue et la santé mentale générale à 15 semaines de grossesse. Durant le *post-partum*, les femmes actives ont eu un meilleur score, uniquement par rapport au fonctionnement physique.

Une seule étude a utilisé l'accélérométrie comme outil d'évaluation de l'AP de 141 femmes en période de grossesse (Loprinzi et al. 2012). Dans cette étude, 19,2% des femmes ont présenté des symptômes dépressifs. Les femmes classées comme manifestant un symptôme dépressif ne différaient pas des autres en ce qui concernent l'âge, l'ethnie, le statut vis-à-vis de l'emploi, le tabagisme, le statut marital ou la durée de la gestation. En revanche, le temps passé dans les APMV était significativement plus élevé chez les femmes indemnes de symptômes dépressifs ($14,5 \pm 1,3$ min vs $8,8 \pm 1,9$ min ; $p = 0,03$; $n^2=0,26$). Ces femmes atteignaient davantage les recommandations d'AP ($21 \pm 8\%$ vs $5 \pm 2\%$; $p < 0,01$, $n^2 = 0,44$).

Enfin, les exercices de posture (type yoga) et les mouvements de Tai Chi ont aussi démontré un intérêt certain pour la maîtrise des états d'anxiété au cours de la grossesse. Une étude interventionnelle réalisée sur 92 femmes en période de grossesse a montré que 20 min hebdomadaires de Tai Chi et de yoga pendant 12 semaines permettait d'améliorer l'état anxio-dépressif (évalué sur des échelles de perception individuelle) et diminuer les perturbations du sommeil (Field et al. 2013).

La période du *post-partum* est souvent marquée par une résurgence de symptômes dépressifs pouvant toucher jusqu'à 50% des femmes qui ont accouché dans les 12 derniers mois précédents (Gaynes et al. 2005). Cet état a été associé à une baisse de la qualité de vie de la mère et du nouveau-né (Lee and Chung 2007). Bien que l'AP contribue à réduire le risque de dépression dans la population générale, une revue systématique récente n'a fait état que d'un nombre limité d'études ($n = 17$) de qualité méthodologique acceptable (score de qualité : 52 %-95 %) abordant cette question (Teychenne and York 2013). Il est ressorti de cette analyse que les AP de loisir réalisées par les femmes, avant, pendant et après leur grossesse sont essentielles pour réduire le

risque de dépression post-natale (Teychenne and York 2013). Plus spécifiquement, les résultats suggèrent que le type d'AP (par exemple les AP de loisir) est plus important que sa dose, étant donné que les AP de loisir de faibles intensités se sont révélées également favorables contre la dépression post-natale de la femme (Teychenne and York 2013).

En conclusion, les données de la littérature suggèrent que l'activité physique est nécessaire pendant la grossesse pour le bien-être de la femme et pour limiter la prise de poids pendant la grossesse, prise de poids dont les conséquences maternelles et fœtales se prolongent au-delà de la grossesse en cas de prise de poids excessive. De plus, l'AP pourrait diminuer les risques d'accouchement prématuré, de pré-éclampsie, de diabète gestationnel. Des études complémentaires seraient nécessaires pour confirmer ces effets.

3.3.12.2.2 Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité

On manque actuellement de données objectives sur l'AP des femmes en rapport avec la grossesse et ceci dans un continuum qui va d'avant la grossesse, pendant les 3 trimestres de la grossesse, en post-partum et au-delà. En parallèle, un suivi sur l'AP et la santé des enfants jusqu'à l'âge adulte serait indiqué.

Il reste aussi à définir les caractéristiques de l'AP (type, durée, intensité de l'AP, etc.) nécessaires à chaque période, et plus spécifiquement pour chaque profil de risque.

Enfin aucune étude n'ayant précisé les conséquences de la sédentarité sur la santé de la femme et du fœtus, la mesure parallèle des comportements sédentaires (types, durée) devra être réalisée dans les études à venir.

Quelle AP pendant une grossesse chez une femme sans contre-indication ?

Compte-tenu des données de la littérature et des recommandations d'AP de l'American College of Obstetricians and Gynecologists (ACOG 2002), de l'OMS, de l'INSERM (Expertise collective INSERM 2008), l'AP régulière est nécessaire et recommandée pendant la grossesse. Les femmes pas ou peu actives avant la grossesse doivent être encouragées à augmenter leur pratique pour arriver à au moins 150 min d'AP d'intensité modérée par semaine pendant la grossesse et en post-partum à raison de 15 à 30 minutes d'activité de type aérobie, 3 à 5 fois par semaine, associées à 1 à 2 séances de 30 minutes de renforcement musculaire (Filhol et al. 2014). Les femmes déjà actives doivent être encouragées à poursuivre leur pratique à un volume supérieur ou égal à 50% du volume pré-gestationnel, tant qu'elles restent en bonne santé et en accord avec leur médecin. Les activités aérobies sont aussi particulièrement recommandées. Inversement, chez toutes les femmes, les activités avec risque de chute ou de traumatisme abdominal sont à éviter. Enfin, il est conseillé de limiter les temps prolongés de sédentarité (1 h 30 consécutives).

Effets de l'activité physique et de la sédentarité chez la femme en période de grossesse ou de post-partum

Les effets de l'AP sur la santé des femmes en période de grossesse sont nombreux et une pratique régulière permet notamment d'améliorer la condition physique, le retour veineux et le bien-être de la femme en période de grossesse, de diminuer l'incidence de la dépression et des lombalgies et de limiter la prise de poids pendant la grossesse.

Accouchement prématuré

- La pratique d'activité physique pendant la grossesse n'augmente pas le risque d'accouchement prématuré chez les femmes qui ne sont pas à risques.
- L'AP régulière pourrait diminuer le risque d'accouchement prématuré.

Pré-éclampsie

- La pratique d'activité physique pendant la grossesse n'augmente pas le risque de pré-éclampsie.
- L'AP régulière pourrait jouer un rôle protecteur sur la pré-éclampsie.

Prise de poids pendant grossesse et perte de poids après la grossesse

- Une prise de poids excessive pendant la grossesse est associée à une augmentation des risques pour la mère, à court terme (diabète gestationnel, pré-éclampsie, complications au cours de l'accouchement, etc.) et sur le long terme (obésité, DT2, pathologies cardio-vasculaires).
- Une prise de poids excessive est également associée à des risques chez l'enfant, à court (macrosomie) et sur le long terme (obésité).
- La pratique d'activité physique pendant la grossesse est associée à une moindre prise de poids au cours de la grossesse, quel que soit l'IMC de la mère avant la grossesse.

Prévention du diabète gestationnel

- Le diabète gestationnel (DG) touche 6 % des femmes en période de grossesse. Il entraîne des risques fœtaux et obstétricaux (pré-éclampsie, césarienne), et à plus long terme augmente le risque de DT2 chez la mère. Chez l'enfant, les risques de macrosomie et de complications néonatales sont augmentés et, à plus long terme, ces enfants sont à risque de surpoids ou d'obésité, de diabète et de troubles du développement intellectuel.
- L'AP semble présenter un intérêt sur la prévention du DG lorsqu'elle est débutée l'année précédant la grossesse ou en début de grossesse.
- D'autres études seraient nécessaires pour confirmer l'intérêt d'une AP débutée pendant la grossesse et dans les deux cas, en préciser les caractéristiques (type, durée, intensité, fréquence).

Conséquences néonatales

- Aucun effet de la pratique d'activité pendant la grossesse n'a été montré en néonatal.

Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité

Activité physique :

- 30 minutes d'AP sollicitant les capacités cardio-respiratoires ;
- 3 à 5 fois par semaine ;
- associées à 1 à 2 séances de renforcement musculaire ;
- les activités avec risques de chutes ou de traumatisme abdominal sont à éviter.

Sédentarité :

limiter le temps total et les périodes de sédentarité prolongées.

3.3.12.3 Personnes âgées de plus de 65 ans

Le vieillissement s'accompagne de modifications structurelles et fonctionnelles évolutives de l'organisme qui réduisent les capacités d'adaptation de l'individu en diminuant l'efficacité de ses mécanismes de régulation (INSERM 2008). La dégradation progressive et inéluctable des fonctions vitales qui définit la sénescence peut aboutir à un stade d'involution très avancé. Cette involution se traduit par une perte d'autonomie et par une augmentation de la dépendance, du risque de chute et de fracture. Afin de limiter ou d'éviter cette perte d'autonomie, l'enjeu consiste à maintenir le plus longtemps possible le fonctionnement des organes essentiels.

Parmi les structures particulièrement affectées par l'avancée en âge, nous étudierons dans cette partie, les muscles striés squelettiques (effecteurs des mouvements), les os, les structures cérébrales impliquées dans la vie sociale et dans la programmation motrice, ainsi que les structures physiologiques impliquées dans le maintien postural (fonction d'équilibration).

La structure et les fonctions d'autres organes s'altèrent également avec l'avancée en âge, notamment les poumons, le cœur et le réseau vasculaire dont les fonctions permettent d'assurer le transfert de l'oxygène aux muscles et aux différents organes. La diminution de la capacité de transfert de l'oxygène contribue à affecter son utilisation, c'est-à-dire la fonction aérobie exprimée par la consommation maximale en oxygène ($VO_2\text{max}$). Des valeurs de $VO_2\text{max}$ inférieures à 15-18 $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ représentent un seuil en deçà duquel une vie indépendante n'est plus possible (Paterson, 1999). Si $VO_2\text{max}$ diminue en moyenne de 8 à 10 % par décennie tout au long de la vie pour un sujet sédentaire ou non actif, cette diminution n'est plus que de 3 à 5 % pour un sujet actif (Paillard 2009, Chatard and Denis 1994).

Les données publiées depuis la publication du rapport INSERM (2008), ont conforté les effets préventifs de l'AP contre l'involution du muscle (sarcopénie), du tissu osseux (ostéoporose), des fonctions cérébrales et des structures impliquées dans la régulation posturale (capacités d'équilibration). Outre le risque de dégradation des fonctions motrices, cognitives et comportementales qui se traduisent par une perte d'autonomie, l'altération de ces organes et structures augmente le risque de chute et de fracture.

3.3.12.3.1 Sarcopénie et vieillissement neuromusculaire

La composition corporelle se modifie avec l'avancée en âge, avec une baisse du pourcentage de masse maigre et une augmentation du pourcentage de masse grasse (Kwan 2013, Cederholm et al. 2013). L'atrophie musculaire s'avère inéluctable tandis que les muscles sont remaniés et présentent une infiltration graisseuse et de tissu conjonctif (Hügle et al. 2012).

Le terme de sarcopénie provient du grec sarx pour « chair » et penia pour « manque ». Elle se caractérise une perte de tissu musculaire associée à une altération des fonctions du muscle. Bien qu'il existe de nombreuses définitions de la sarcopénie (six définitions rapportées dans un article récent ; Dupuy et al. 2015), la communauté scientifique semble s'orienter vers une définition relativement consensuelle (Mc Llean et al. 2015). La sarcopénie peut alors se définir comme la baisse du rapport masse musculaire/taille² de deux déviations standard par rapport aux valeurs de sujets jeunes en bonne santé, associée à une diminution de la force musculaire et de la performance motrice, indépendante de la perte de masse musculaire.

La sarcopénie atteint d'abord les muscles du haut du corps, moins sollicités au quotidien, et affecte les muscles des membres inférieurs à partir de 50 ans (Montero-Fernández and Serra-Rexach 2013).

3.3.12.3.1.1 Vieillesse neuromusculaire

La masse et la force musculaires déclinent avec l'âge, de 30 à 50 % entre 30 et 80 ans (Frischknecht, 1998). L'évolution de ce rapport force/masse musculaires permet de mieux comprendre l'origine de l'altération de la fonction musculaire. Bien que certains auteurs aient montré que ce rapport ne varie pas de manière probante (Hakkinen et Hakkinen, 1991), Frontera

et al. (2000) ont plus récemment montré qu'il pouvait diminuer, traduisant alors une origine strictement musculaire à la baisse de capacité à délivrer de la force.

La valeur de la masse musculaire resterait relativement stable jusqu'à 50 ans puis diminuerait pour atteindre un déficit de 30 % entre 50 et 80 ans, soit approximativement une baisse de masse musculaire de 1 % par an (Butler-Browne and Bigard 2006). Les fibres musculaires, qui représentent près de 70 % du volume du quadriceps chez les sujets de 20 ans, ne représentent plus que 50 % du volume du muscle à 80 ans (Lexell et al. 1988).

La force isométrique développée par un muscle est proportionnelle à sa surface de section. Cette dernière diminue avec l'âge, ce qui permet d'expliquer la réduction de la force maximale d'un sujet au fil des années. La capacité de production de force est davantage affectée au cours des mouvements rapides que des mouvements lents, traduisant ainsi une baisse de puissance musculaire (Pousson et al. 2001). Cette diminution, estimée entre 3 à 4 % par an serait deux fois plus forte que celle qui affecte la force maximale (-1 à 2 % par an) (Skelton et al. 1994). Ce phénomène semble lié d'une part à un ralentissement de la cinétique contractile (Clark et al. 2011), d'autre part, à une atrophie spécifique des fibres de type II (Bruce et al. 1997) ou à une perte sélective de ces fibres rapides.

Sur le plan de l'architecture musculaire, le vieillissement s'accompagne d'une diminution de l'angle de pennation formé par les fibres musculaires (trajet délimité par leurs insertions sur les aponévroses), ce qui accroît la composante longitudinale du vecteur force et compense partiellement la perte de force liée à l'atrophie musculaire (Narici et al. 2003). Cependant, la diminution du nombre de sarcomères en parallèle (atrophie des fibres) et en série (longueur des fibres) réduit inéluctablement la force exprimée par fibre musculaire (Narici and Maffulli 2010). Le tissu tendineux subit aussi d'importants changements quantitatifs et qualitatifs, lesquels affectent les propriétés mécaniques du tendon dans la relation tension-longueur, ce qui contribue à détériorer la force musculaire intrinsèque du complexe myotendineux (Narici and Maffulli 2010).

Chaque mouvement programmé s'accompagne d'une coactivation de muscles agonistes et antagonistes, le rôle des muscles antagonistes étant d'assurer une meilleure stabilité articulaire et une meilleure efficacité gestuelle. L'état d'entraînement réduit l'activation des muscles antagonistes, ce qui augmente le niveau de force musculaire développée et rationalise la programmation motrice, notamment au cours de mouvements complexes. Le vieillissement du système nerveux central joue un rôle non négligeable dans la dégradation de la coordination entre les muscles agonistes et antagonistes et l'efficacité des schémas moteurs (Hortobágyi et al. 2009). C'est ce qui permet d'expliquer la baisse de précision du mouvement chez le sujet âgé et la réduction des capacités de production de force et de contrôle du mouvement.

La réponse évoquée par le réflexe H régresse également avec l'avancée en âge (Duchateau et al. 2006). Ce réflexe myotatique inverse emprunte la même voie nerveuse que le réflexe d'étirement, même s'il ne transite pas par les fuseaux neuromusculaires, et ces résultats suggèrent fortement que l'excitabilité de la boucle spinale diminue sous l'effet de l'âge (Duchateau et al. 2006). Par ailleurs, l'altération de la fonction sensorielle myotatique affecte la proprioception et dégrade la fonction d'équilibration, ce qui contribue à augmenter le risque de chute chez la personne âgée. En effet, les fuseaux neuromusculaires subissent d'importantes modifications morphologiques et fonctionnelles. Le diamètre des fuseaux neuromusculaires diminue (Kararizou et al. 2005), certaines fibres intrafusales, essentiellement les fibres à chaînes nucléaires, disparaissent tandis que l'épaisseur de la capsule du fuseau augmente (Liu et al. 2005, Swash et Fox 1972). En conséquence, la sensibilité des fuseaux neuromusculaires régresse, ce qui affecte l'efficacité du réflexe myotatique dans le maintien de la posture érigée (Mynark et Koceja 2001). Ce sont les capacités des sujets âgés à réagir efficacement et rapidement à des perturbations physiologiques ou mécaniques mettant en péril leur équilibre postural qui sont affectées.

Toutes ces altérations fonctionnelles du système neuromusculaire sont susceptibles d'affecter la qualité de vie des personnes âgées dans le cadre de leurs activités physiques domestiques quotidiennes, telles que les montées d'escaliers, la levée de positions basses, etc. Par ailleurs, on a rattaché l'augmentation de la fréquence des chutes avec l'âge, à une diminution de la force et de

la masse musculaires du membre inférieur. Néanmoins, une régression modérée de la force musculaire aggrave peu le risque de chute tant qu'un seuil critique n'est pas atteint. En revanche, une fois ce seuil franchi, le risque augmente notablement (Paillard 2009).

Par ailleurs, l'amyotrophie a des conséquences métaboliques majeures. La réduction de la masse musculaire et de ses capacités oxydatives, associée à une augmentation de la masse grasse contribue à majorer le risque d'insulino-résistance, résultant d'une diminution de la capacité à contrôler la glycémie et d'une infiltration lipidique importante des muscles et du foie (Koopman et van Loon 2009).

3.3.12.3.1.2 Mécanismes du vieillissement musculaire

Deux phénomènes concomitants affectent le muscle de la personne âgée, la réduction de sa masse et les modifications de ses propriétés contractiles (non liées à l'atrophie).

Amyotrophie et mécanismes

Les mécanismes à l'origine de la perte de masse musculaire avec l'avancée en âge ne sont pas encore totalement compris. L'origine, probablement multifactorielle, inclut des événements cellulaires et moléculaires qui influent directement sur le contrôle des flux de synthèse/dégradation protéiques (influant la taille des éléments cellulaires), mais aussi sur les capacités du muscle à régénérer ses éléments cellulaires et sur le nombre d'unités motrices (influant sur le nombre d'éléments cellulaires).

Hypotrophie cellulaire

La composition même du tissu musculaire est affectée par le vieillissement, avec une inclusion de tissu fibreux et adipeux (Roth et al. 2006), en partie liée à une augmentation de la production de fibronectine par les fibres musculaires (Brack et al. 2007). Par ailleurs, le vieillissement se caractérise par un état inflammatoire de bas-grade avec augmentation des concentrations plasmatiques de TNF α et IL-6 (Bruunsgaard et al. 1999). L'augmentation de production de ces cytokines pro-inflammatoires par le muscle est cohérente avec l'infiltration d'adipocytes, l'augmentation de la protéolyse, la production d'espèces radicalaires de l'oxygène, et l'altération des processus de réparation cellulaire (Arthur 2012). De plus, la production d'IL-6 est aussi probablement associée à l'insulino-résistance évoquée précédemment. Ces cytokines pro-inflammatoires jouent probablement un rôle dans l'aggravation de l'amyotrophie (Tsujiyama et al. 1995), la baisse des performances musculaires (Yende et al. 2006) ; leur inhibition corrige partiellement la perte de masse musculaire (Rieu et al. 2009).

La sarcopénie peut aussi être assez facilement expliquée par la réduction de l'imprégnation hormonale. La baisse de production avec l'âge de testostérone et d'œstrogènes, mais aussi de GH, contribue à l'atrophie musculaire (Lee et al. 2007). Cependant, les traitements de restitution des altérations hormonales ne sont pas sanctionnés de francs succès, comme on pourrait l'espérer, ce qui confirme l'origine multifactorielle de la sarcopénie (Arthur 2012).

Le vieillissement affecte aussi très souvent l'équilibre entre les processus de protéosynthèse et de protéolyse musculaires qui sont les déterminants principaux du contrôle de la masse musculaire. L'amyotrophie peut ainsi être expliquée par une baisse des synthèses ou une augmentation des processus de dégradation protéique. Le flux de protéosynthèse musculaire est réduit, ce qui contribue à diminuer le contenu musculaire en protéines contractiles (myosine, actine, etc.) et fonctionnelles (mitochondriales, de régulation, etc.) (Tavernarakis 2008). Cette réduction des synthèses protéiques est liée à l'altération de la production en hormones anabolisantes telles que la GH, les androgènes, les œstrogènes, et en facteurs de croissance locaux (IGF-1) (Chakravarthy et al. 2001), ainsi qu'à la présence de cytokines pro-inflammatoires. La baisse d'IGF-1 a des conséquences importantes sur la signalisation IGF-1/Akt/mTOR qui, en influant directement sur la traduction des ARNm en protéines, est la voie de signalisation intracellulaire principalement

impliquée dans la construction musculaire (Walker et al. 2011, Paturi et al. 2010). Cependant, l'altération de base de l'équilibre synthèses/dégradations protéiques n'est pas toujours perceptible chez le sujet âgé. Ceci suggère une autre hypothèse selon laquelle la sarcopénie peut être également liée à une altération des réponses anaboliques aux stimuli nutritionnels et au travail musculaire (Breen and Phillips 2012), ainsi qu'à une résistance aux effets anti-protéolytiques de l'insuline (Narici and Maffulli 2010).

L'augmentation de l'expression de la myostatine avec l'âge contribue à la baisse des synthèses protéiques musculaires. En effet, l'expression de ce peptide inhibiteur des synthèses protéiques, augmente d'un facteur 2 entre 20 et 70 ans (Léger et al. 2008). L'augmentation de l'expression de myostatine peut être en partie liée à la baisse de production de GH, ce qui peut influencer sur l'activation et la prolifération des cellules satellites (Liu et al. 2003).

Enfin, le rôle joué par le stress oxydant est majoré chez le sujet âgé, ce qui a des conséquences majeures sur les fibres musculaires elles-mêmes, les cellules satellites, la fonction des mitochondries, les jonctions neuro-musculaires, etc.

Hypoplasie cellulaire

Deux phénomènes concomitants interagissent pour expliquer la réduction du nombre de fibres musculaires, une altération des mécanismes de régénération des fibres, et une réduction du nombre d'unités motrices (entité anatomique regroupant un filet nerveux moteur -motoneurone- et les fibres musculaires qu'il innerve).

Le vieillissement se traduit aussi par une profonde altération des événements cellulaires impliqués dans la régénération musculaire. Ce ralentissement des processus de régénération peut expliquer la sarcopénie et repose sur un certain nombre d'altérations liées à l'âge, dont :

- la réduction progressive du pool de cellules satellites (cellules souches myogéniques intramusculaires) avec le vieillissement. Ces cellules qui sont à l'état normal dans un état de quiescence biologique, sont rapidement activées en cas de nécessité de réparation cellulaire ou de régénération de fibre musculaire. Avec l'avancée en âge, on observe une diminution du pool de cellules satellites dans les muscles, ce qui pourrait contribuer à expliquer la perte de masse musculaire liée au vieillissement (Kadi et al. 2004) ;

- le programme myogénique lui-même, qui peut être affecté par le vieillissement. En parallèle de la réduction du pool de cellules satellites, c'est tout le programme cellulaire de régénération qui est affecté, probablement à la suite de l'augmentation de production de myostatine qui inhibe l'expression des facteurs de régulation myogénique (MRF, MyoD, myogénine, etc.) indispensables pour assurer la régénération du muscle (Langley et al. 2002).

L'organisation fonctionnelle du muscle squelettique et de sa commande nerveuse reposent sur l'existence d'unités motrices constituées d'un motoneurone- α et d'un nombre prédéterminé de fibres musculaires non-contiguës, toutes innervées par ce même neurone moteur. Le nombre et la taille des fibres musculaires (extra-fusales) diminuent avec l'avancée en âge (Lexell et al. 1988). On observe une diminution sensible du nombre de motoneurones- α (fibres myélinisées), approximativement à partir de la soixantaine. Cette diminution apparaît au moins en partie liée à une diminution du facteur neurotrophique ciliaire (ou ciliary neurotrophic factor ou CNTF) (Morley 2012). Il se produit alors une dénervation de certaines fibres (Kirkendall et Garrett, 1998), ce qui engendre la présence de fibres musculaires orphelines. Une majorité d'entre elles va être ré-innervée (les autres disparaissant) par les motoneurones qui subsistent. Ainsi, le vieillissement induit une augmentation du nombre de fibres par unité motrice.

Ce sont principalement les motoneurones de gros calibres qui disparaissent en premier, ceux innervant des fibres musculaires rapides de type II. Dans les suites de la mort neuronale, les fibres de type II devenues orphelines sont ré-innervées, majoritairement par des motoneurones de petits calibres, dévolus à des fibres musculaires lentes de type I. Ces fibres de type II maintenant innervées par un motoneurone de petit calibre se transforment progressivement en fibres de type I.

L'évolution histologique musculaire évolue au fil des années et tend vers un phénotype musculaire lent (Aoyagi et Shephard, 1992). Dans tous les cas, le rapport entre le nombre de fibres de type II et de fibres de type I diminue au cours de l'avancée en âge. Le rapport est de 1,1 à l'âge de 30 ans, puis il diminue pour se situer aux alentours de 0,7 à 80 ans (Aoyagi et Shephard, 1992). En conclusion, la perte et l'atrophie des fibres musculaires concernerait principalement les fibres de type II (Narici and Maffulli 2010).

Altérations qualitatives du muscle du sujet âgé

Des altérations de la commande nerveuse (diminution de la fréquence de décharge des potentiels d'action, plus grande fluctuation de cette décharge) contribuent à expliquer les difficultés croissantes qu'éprouvent les sujets âgés à réaliser des mouvements contrôlés, fins ou précis (Dalton et al. 2010, Kallio et al. 2012). Ce phénomène est d'autant plus marqué que la perte du nombre d'unités motrices apparaît prononcée dans les muscles distaux (McComas et al. 1993).

Par ailleurs, la réduction de la densité des mitochondries et les perturbations de leur fonction rendent compte de la fatigabilité excessive des muscles locomoteurs et de la réduction du périmètre de marche des sujets âgés (Doria et al. 2012). Les mitochondries sont essentielles pour assurer une fourniture d'énergie sur la durée et maintenir ainsi un travail musculaire sur une longue période. Les mécanismes à l'origine de la perte de mitochondries ne sont pas parfaitement élucidés mais pourraient reposer sur des mutations de l'ADN mitochondrial, sous l'influence de radicaux libres (Wanagat et al. 2001). L'ADN mitochondrial qui code peu de protéines, mais toutes essentielles à la production d'énergie, est proche du lieu de production des espèces réactives de l'oxygène, et particulièrement exposé au risque de mutation au cours du vieillissement. Le processus sarcopénique est représenté ci-après (Figure 29).

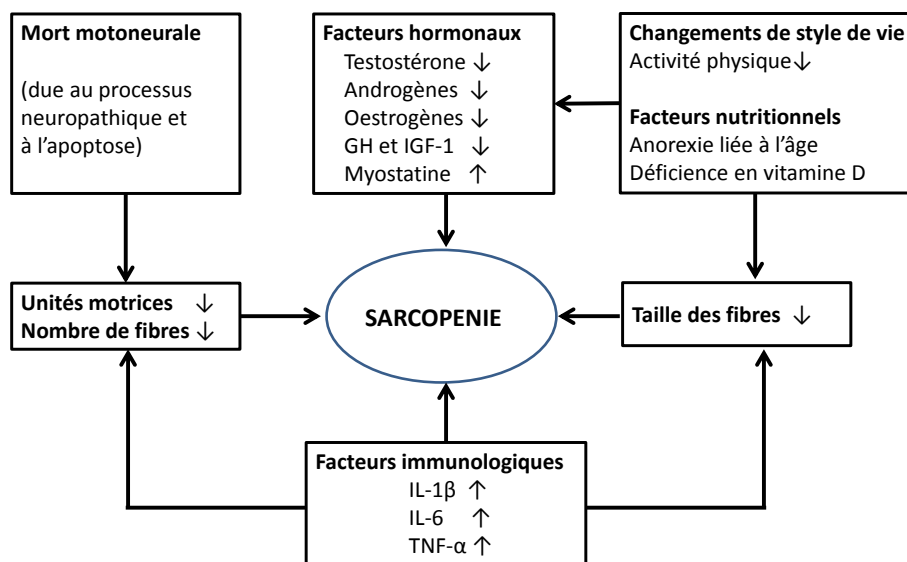


Figure 29. Représentation du processus sarcopénique (adapté de Narici et Maffulli 2010).

La sarcopénie ne serait pas seulement due à une réduction de l'anabolisme et à une augmentation du catabolisme mais elle serait également liée à une détérioration de la capacité de régénération musculaire (activation et prolifération des cellules satellites). Les involutions musculaires ne sont pas sans conséquences néfastes sur les capacités fonctionnelles d'un sujet vieillissant.

3.3.12.3.1.3 Effets de l'activité physique et de la sédentarité

L'altération des performances musculaires peut avoir des conséquences fonctionnelles importantes, affecter durablement l'autonomie, réduire l'espérance et le confort de vie. L'AP représente probablement l'un des moyens les plus efficaces et les plus faciles à proposer, afin de limiter l'impact de l'amyotrophie. Cependant, la notion d'AP reste large et derrière ce terme se cachent différentes modalités d'exercice, dont les deux plus importantes reposent sur des exercices de musculation adaptés (entraînement en force) ou dynamiques, prolongés et de relativement faible intensité (entraînement en endurance).

Par ailleurs, le manque d'AP ou davantage encore la sédentarité (temps passé assis) accentue particulièrement le processus sarcopénique. Hamer et Stamatakis (2013) montrent en effet que les personnes âgées qui passent plus de 6 h/sem devant la télévision réduisent davantage leur force musculaire (force de préhension) que celles qui passent moins de 2 h/sem après ajustement de l'AP, de la consommation de tabac et d'alcool, des maladies chroniques, de l'invalidité, des symptômes dépressifs, du statut social et de l'indice de masse corporel. Le temps passé devant un téléviseur serait associé à la masse corporelle totale et à la masse maigre du membre inférieur (essentiel à l'indépendance) après ajustement des autres facteurs (AP, maladie chronique, prescription médicamenteuse, tabac, temps sédentaire professionnel, masse grasse (Gianoudis et al. 2015). Le temps de sédentarité serait même directement associé au risque sarcopénique puisque pour chaque incrément d'une heure passée assis, le risque de sarcopénie augmente de 33% indépendamment de l'AP, du style de vie et autres facteurs précédemment cités (Gianoudis et al. 2015).

Renforcement musculaire

L'entraînabilité des sujets âgés demeure, puisqu'un programme de renforcement musculaire de douze semaines comprenant 3 séances hebdomadaires composées de mouvements d'extension du genou et de flexion du coude (3 séries de 8 répétitions à 80 % de 1 RM-répétition maximale), permet d'améliorer de manière importante les forces développées, aussi bien en extension (+ 107%) qu'en flexion (+ 227 %) (Frontera et al.1988).

L'adaptabilité musculaire de la femme âgée semble être sensiblement identique à celle de l'homme à l'égard des exercices de renforcement musculaire. Lexell et al. (1995) ont en effet observé des augmentations de force sans différence significative entre des hommes et des femmes âgés de 70 à 77 ans à l'issue d'un programme de 11 semaines. Les forces de flexion du coude et d'extension du genou progressaient respectivement de 49 % et de 163 %.

Les sujets très âgés manifestent encore une certaine entraînabilité et réponse de la masse musculaire à l'entraînement en force. En effet, la force musculaire, à l'issue d'un entraînement adapté de 8 semaines, à haute intensité (> 0,8 RM) chez 9 sujets de 90 ans de moyenne d'âge, s'est accrue de 174 % (Fiatarone et al. 1990). En fait, les sujets âgés de plus de 70 ans peuvent aussi améliorer leur puissance musculaire à l'issue d'un programme d'entraînement associant des exercices musculaires de types isométriques et dynamiques (Hakkinen et Hakkinen, 1995).

Le renforcement musculaire peut induire une augmentation du volume des muscles entraînés (Nilwik et al. 2013, Frischknecht 1998, Taaffe et al. 1996) affectant le calibre des deux types de fibres musculaires (Frontera and Bigard 2002), mais surtout celui des fibres rapides de type II (Nilwik et al. 2013). Cependant, cette amélioration de la masse par le renforcement musculaire n'affecte pas le phénotype du muscle qui reste principalement de type lent, ou suivant les types de muscles, moins rapide que chez l'adulte jeune. Cet effet favorable des exercices de musculation adaptés résulte d'une augmentation des flux de synthèse de l'ensemble des protéines musculaires, y compris chez des hommes et femmes de plus de 90 ans. Cependant, les flux de synthèse des protéines musculaires demeurent plus faibles chez le sujet âgé entraîné que chez le sujet jeune (Yarasheski et al. 1993, Welle et al. 1993). Même si les réponses sont moins importantes que chez les sujets jeunes (Drummond et al. 2009), l'exercice de musculation induit une activation des voies de signalisation intracellulaires impliquées dans le contrôle des synthèses

protéiques tissulaires, et ce indépendamment du niveau des hormones anaboliques circulantes (West et al. 2009). Cette augmentation de la synthèse protéique induit une augmentation du volume relatif des myofibrilles qui rend compte de l'amélioration des capacités à développer de la force. De plus, dans les fibres musculaires, le nombre de sarcomères peut augmenter en parallèle (diamètre) mais également en série (longueur) (Paillard 2009).

Cependant, l'amélioration des performances musculaires observées n'est pas liée qu'à une augmentation du volume musculaire. En effet, un entraînement musculaire contre résistance chez des sujets âgés augmente le rapport force/volume musculaire. Tracy et al. (1999), après un entraînement d'extensions du genou de 9 semaines à raison de 3 séances hebdomadaires ont constaté des élévations de ce rapport de 14 % chez des hommes âgés de 65 à 75 ans et de 16 % chez des femmes âgées de 65 à 73 ans. Les améliorations des performances du muscle sont aussi à mettre sur le compte d'adaptations neuronales qui résultent d'une meilleure synchronisation des motoneurons au cours de la contraction. Les effets propres de l'exercice, rapidement observés après la mise en œuvre d'un entraînement de musculation, sont en effet tout d'abord la conséquence d'adaptations de l'innervation, du recrutement des différents groupes musculaires, du patron de recrutement des muscles agonistes-antagonistes au cours de mouvements complexes.

La concentration plasmatique d'IGF-I est positivement corrélée à la puissance aérobie et au volume d'entraînement (ou la quantité d'AP quotidienne). L'exercice musculaire peut également influencer favorablement l'expression locale de l'IGF-1. En outre, dans le cadre d'un programme d'entraînement, le niveau de développement de la force musculaire est corrélé aux variations de la concentration basale de testostérone plasmatique (Hakkinen et al. 2000). Il a été montré qu'un entraînement de musculation du membre inférieur de 16 semaines (3 séances hebdomadaires comprenant principalement 3 séries de 6 à 10 répétitions effectuées à une intensité comprise entre 70 et 90 % de 1 RM) chez 32 hommes modérément actifs (ne pratiquant pas d'AP régulière en dehors de la marche et du jardinage) âgés entre 70 et 80 ans, augmente la concentration de testostérone liée (à son transporteur), et libre (Lovell et al. 2012). En outre, Hayes et al. (2013) rapportent qu'après seulement 6 semaines d'entraînement combinant des activités aérobies et anaérobies (marche, cyclisme et marche sur terrain vallonné) et de renforcement musculaire (130 à 150 min d'activité hebdomadaire) la concentration basale de testostérone salivaire augmente, alors que le poids corporel et le pourcentage de masse grasse diminuent chez 20 hommes âgés de 62,5 ans de moyenne d'âge. Cependant, les faibles réponses hormonales à l'entraînement en force contrastent avec l'augmentation de la masse musculaire et des performances de force, mettant en lumière l'importance des réponses locales (facteurs de croissance locaux, signalisation intracellulaire non-hormono-dépendante, etc.) (Duclos 2006).

Enfin, la pratique régulière d'exercices de musculation adaptés permet de réduire l'état inflammatoire de bas-grade (Buford et al. 2009) et d'améliorer l'efficacité de systèmes protéiques de protection cellulaire, comme les protéines de stress thermique (Bautmans et al. 2005).

Les exercices de renforcement musculaire activent les signaux de la synthèse protéique myofibrillaire et favorise ainsi l'anabolisme musculaire, ce qui permet de réduire voire d'annihiler les effets du processus sarcopénique avec l'avancée en âge.

Entraînement aérobie

Alors que la répétition d'exercices de musculation adaptés s'est avérée être un excellent moyen de limiter l'importance de la sarcopénie, les effets d'exercices en endurance sur le vieillissement sont moins bien connus ; leur mise en œuvre semblant plus aisée et plus facile à proposer aux sujets âgés, il est intéressant d'évaluer leurs effets à long terme sur le maintien de la masse musculaire. Des travaux menés sur modèles animaux ont permis de montrer que comme chez les animaux jeunes, ce type d'entraînement permettait d'augmenter les capacités oxydatives musculaires de rats âgés. L'entraînement en endurance induit une augmentation de la densité capillaire et de la capillarisation musculaire, ce qui se traduit par une amélioration de la distribution de l'oxygène dans le muscle. Chez le sujet âgé, ce type d'entraînement est donc susceptible d'augmenter à la

fois la diffusion de l'oxygène dans le muscle squelettique et son utilisation pour la fourniture de l'énergie nécessaire pour la réalisation de l'exercice. En plus de ses effets favorables sur la fonction cardiovasculaire, l'entraînement en endurance a des conséquences bénéfiques sur le développement des défenses antioxydantes (Ji 2002).

Les exercices aérobies stimuleraient les capacités oxydatives du muscle vieillissant et augmenteraient en conséquence ses capacités fonctionnelles, ce qui permettrait aux personnes âgées de mieux résister à la fatigue.

Priorité de l'entraînement

Les exercices de renforcement musculaire activeraient les signaux de la synthèse protéique myofibrillaire, permettraient de maintenir la masse musculaire, et au mieux de l'augmenter ; les exercices d'endurance eux, agissent sur la biogenèse mitochondriale, la synthèse des enzymes oxydatives et la convection de l'oxygène vers les tissus utilisateurs (Poortmans and Carpentier 2009). Il conviendra d'insister sur la nécessité d'associer toutes les actions de promotion de l'AP (en musculation et endurance) à un apport énergétique adapté et à un apport en protéines riches en acides aminés essentiels (Morley et al. 2010, Burd et al. 2013).

La priorité des objectifs d'entraînement dépend des profils des sujets considérés. Chez un sujet fragile et limité dans sa mobilité, la priorité se situera plutôt dans le développement des capacités fonctionnelles de son système neuromusculaire et donc dans la mise en œuvre d'un programme de renforcement musculaire. Chez un sujet âgé très alerte et déjà actif, le choix de l'AP à privilégier demeure moins fondamental dans le but de préserver son indépendance. Dans ce cadre, l'activité d'endurance contribue également (entre autres) à entretenir efficacement ses capacités fonctionnelles.

Sédentarité

La priorité des objectifs pour un sujet âgé sédentaire dépend également de son profil physiologique et de son niveau fonctionnel.

3.3.12.3.1.4 Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité en prévention de la sarcopénie

Si le renforcement musculaire pour une personne âgée « fragile » ou une AP d'endurance pour une personne « vigoureuse » sont préconisées pour prévenir la sarcopénie, la nature de l'AP pour une personne sédentaire dépend également de son statut fonctionnel.

Le vieillissement est associé à une profonde modification de la composition corporelle, caractérisée par une fonte de la masse musculaire et une augmentation de la masse grasse. L'atrophie musculaire avec l'avancée en âge est normale mais la baisse du rapport masse musculaire/taille² de deux déviations standard par rapport aux valeurs de sujets jeunes en bonne santé correspond à la sarcopénie.

Sarcopénie

Activité physique

- Le renforcement musculaire adapté permet de maintenir, et le plus souvent d'augmenter, la masse musculaire et les performances du muscle.
- Les exercices de type aérobie permettent d'améliorer les capacités oxydatives musculaires nécessaires au maintien de contractions intermittentes au fil du temps (endurance musculaire), à l'augmentation de périmètre de marche et à la réduction de la dépendance.
- La personne âgée « fragile » doit en priorité privilégier le renforcement musculaire.

- La personne âgée « vigoureuse » peut pratiquer une l'AP d'endurance ou une AP de renforcement ou combiner les 2 types d'AP.

Sédentarité

En général, la personne sédentaire peut débiter une AP selon la même approche que celle de la personne fragile si sa période de sédentarité a été relativement longue (plusieurs années).

Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité

La nature de l'AP à privilégier chez la personne âgée sédentaire dépend de son statut fonctionnel initial.

3.3.12.3.1 Ostéoporose

3.3.12.3.1.1 Involution du tissu osseux

La matière osseuse est un tissu vivant en perpétuel remaniement (cf. partie 3.3.7.). Des cellules osseuses disparaissent et se créent quotidiennement. Deux voies antagonistes interagissent l'une sur l'autre pour assurer l'équilibre entre la formation et la résorption osseuses (Mitchell et Streeten 2013). Ces deux voies régulent l'activité des ostéoblastes, responsables de la formation du tissu osseux et des ostéoclastes, responsables de la résorption). Chez le sujet âgé, l'activité des ostéoclastes dépasse celle des ostéoblastes. Le nombre et l'activité des ostéoblastes diminuent et certaines trabécules individuelles disparaissent ou subissent une perforation (Marie and Kassem 2011). Ceci engendre d'une part, une régression de l'espace nécessaire à la formation de nouvelles cellules osseuses, et d'autre part, une désorganisation du réseau trabéculaire. Ainsi, le vieillissement se caractérise par une réduction de la masse et un changement de l'architecture du tissu osseux. Ces modifications histologiques de l'os se définissent par le terme d'ostéopénie et sont également liées à un ralentissement de la vitesse du processus de remodelage osseux.

Selon l'organisation mondiale de la santé (OMS), une valeur de la densité minérale osseuse (DMO) comprise entre 1 et 2,5 déviations standard au-dessus de la densité normale moyenne des adultes jeunes correspond à l'ostéopénie et une valeur supérieure à 2,5 déviations standard correspond à l'ostéoporose.

La prévalence de l'ostéoporose augmente avec l'âge. Les fractures ostéoporotiques affectent particulièrement l'extrémité proximale du fémur (e.g. le col du fémur), les corps vertébraux et l'extrémité distale du radius (Khosla et al. 2008). L'ostéoporose se manifeste après 40 ans et se montre plus sévère chez les femmes que chez les hommes surtout après la ménopause (Guggenbuhl 2009). Après 65 ans, le risque fracturaire serait plus de 2 fois plus élevé chez la femme que chez l'homme (Mitchell and Streeten 2013, Khosla et al. 2008). En revanche, les fractures de la hanche chez l'homme sont associés à une plus grande morbidité (et mortalité) que chez la femme (Guggenbuhl 2009, Khosla et al. 2008). Outre le facteur sexe, d'autres facteurs tels que l'inactivité physique, la déficience hormonale (en œstrogènes chez la femme ménopausée), l'insuffisance nutritionnelle, les facteurs génétiques et le style de vie sont susceptibles d'accentuer ou d'atténuer le processus ostéoporotique (Stansky and Ryvasa 2009). A partir d'un certain seuil de déminéralisation osseuse, les os concernés par cet état biologique perdent de leur solidité et sont particulièrement exposés au risque fracturaire (Figure 30).

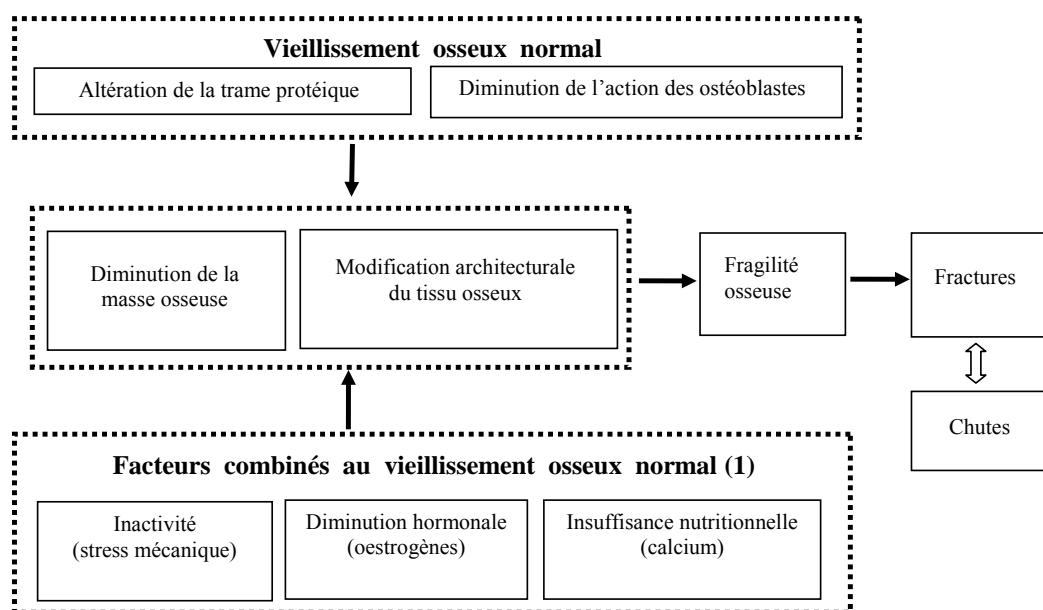


Figure 30. Représentation schématique du processus du vieillissement osseux et de ses conséquences (Paillard 2009).

- (1) Le sexe, les facteurs génétiques et le style de vie (consommation ou non d'alcool, de tabac et autres produits toxiques) accentuent ou atténuent l'ampleur et la vitesse du processus.

3.3.12.3.1.2 Effets de l'activité physique et de la sédentarité

Activité physique

Le processus d'involution du tissu osseux peut être ralenti voire éventuellement inversé dans certaines circonstances très favorables chez les personnes âgées. Outre les conditions nutritionnelles et environnementales propices pour lutter contre ce processus, les sujets âgés doivent soumettre leur squelette à des contraintes mécaniques en pratiquant des exercices musculaires. En effet, les contraintes mécaniques induisant un certain seuil de déformation de l'os stimulent l'ostéogénèse et favorisent le remodelage osseux chez les personnes vieillissantes (Srinivasan et al. 2012). L'AP stimule l'activité des ostéoblastes et facilite l'activité des ostéocytes (Ozcivici et al. 2010) et l'absorption intestinale du calcium (Stransky and Rysava 2009). Elle impacterait négativement la production des ostéocytes en sclérostine dont la fonction est d'inhiber les ostéoblastes, et donc la formation osseuse, et induirait une augmentation de la production de facteurs anaboliques liés au métabolisme osseux (Bosković et al. 2013). L'AP agirait favorablement sur la masse et l'architecture osseuses chez la personne âgée.

Cependant, les effets de l'AP sur la densité minérale osseuse ou DMO (exprimée en g/cm^2) ne sont pas univoques. Pour certains auteurs, un programme d'AP peut retarder ou même inverser le processus de déminéralisation osseuse. Pour d'autres auteurs, les effets d'un programme d'entraînement seraient moins significatifs sur la DMO. En fait, le processus de minéralisation osseuse peut être plus ou moins influencé par la nature, l'intensité, la durée et la fréquence des activités physiques pratiquées. Chez les sujets âgés, le facteur sexe peut également influencer les capacités d'adaptation de leurs appareils osseux sous l'effet de l'exercice musculaire.

La nature des contraintes mécaniques demeure fondamentale au processus de minéralisation osseuse. Les contraintes dynamiques sont davantage ostéogéniques que les contraintes statiques. En outre, l'orientation des contraintes est également déterminante. L'idéal étant de pratiquer une AP dynamique exerçant des pressions mécaniques variées dans leurs directions sur un grand nombre de segments. La concentration calcique est plus élevée du côté concave que du côté convexe de la déformation osseuse induite par la pression mécanique. D'où l'importance de

varier la direction des contraintes mécaniques au cours de l'AP pour renforcer la résistance de l'os dans les 3 plans, lorsque cela est possible.

Chez des sujets âgés fragiles présentant de faibles capacités d'équilibration et de force musculaire ainsi qu'une faible DMO, le risque de chute ou de fractures spontanées demeure élevé. Pour ce type de sujets, le dilemme consiste à proposer une activité susceptible d'améliorer les paramètres physiques et physiologiques précédemment déclinés tout en évitant de mettre en péril leur intégrité physique à travers une AP stimulante et dynamique. La technique de vibration entière du corps (le sujet placé en position érigée sur une plate-forme vibrante) constitue à ce titre une certaine opportunité. En effet, certaines études montrent que la pratique régulière de la vibration améliore la DMO ainsi que la force musculaire et l'équilibre postural (Zha et al. 2012, Pang 2010). Toutefois, les conclusions d'une très récente méta-analyse (Leung et al. 2014) divergent notablement à ce propos. Leung et al. (2014) suggèrent que les différents paramètres de stimulation (e.g. fréquence de vibration corporelle, inclinaison de la forme-forme vibrante, durée des séances, nombre de séances hebdomadaires, durée du programme, sites anatomiques osseux évalués) peuvent influencer sur les résultats. Ainsi, d'autres travaux liés à la technique de vibration corporelle faisant varier ces paramètres méritent d'être effectués pour maîtriser davantage ses effets sur la fonction ostéogénique des sujets âgés.

Par ailleurs, le facteur sexe influence également les effets induits par l'AP sur la DMO. En effet, une activité comme la marche qui engendre certaines contraintes mécaniques et demeure donc relativement ostéogénique, peut s'avérer inefficace pour lutter contre la diminution de la DMO chez les femmes ménopausées (Gutin et Kasper, 1992, Kerr et al. 1996). En revanche, la pratique de la marche n'engendre certes, pas d'augmentation de la DMO chez des sujets masculins ayant sensiblement le même âge mais elle la stabilise (Paillard et al. 2004). Les contraintes mécaniques, même fréquentes, induites par la marche sont probablement insuffisantes pour amplifier le processus de minéralisation osseuse chez les sujets âgés tandis qu'elles peuvent vraisemblablement, au mieux, stabiliser la DMO surtout chez les femmes âgées. Seule la pratique de la marche d'intensité élevée et pratiquée à un rythme très soutenu aurait un rôle ostéogénique significatif. Dans le cadre d'un programme d'activités physiques aérobies combinées (ergocycle, marche, stretching) de 14 mois chez des sujets âgés de plus de 60 ans, la DMO a augmenté chez les hommes mais pas chez les femmes (Blumenthal et al. 1991). Lorsque les conditions environnementales, nutritionnelles et physiologiques sont favorables, les activités de renforcement musculaire d'intensité élevée pourraient augmenter modérément la DMO chez les sujets âgés, tandis que les activités de type endurance (e.g. la marche) pratiquées isolément ne peuvent probablement que la maintenir (ou l'augmenter faiblement). Les activités pratiquées en décharge corporelle (vélo, natation...) s'avèrent, quant à elles, manifestement inopérantes dans une optique d'augmentation ou même de stabilisation de la DMO. Par ailleurs, l'efficacité d'un exercice physique relève plus de son intensité et de sa fréquence que de sa durée.

Globalement, l'AP régulière engendre une stabilisation voire une augmentation de la DMO sur les sites anatomiques qu'elle stimule mécaniquement. La résistance des seuls segments osseux mécaniquement stimulés augmente réduisant le risque de fracture lié à la chute chez les personnes âgées.

La DMO diminue régulièrement tout au long de la vie. L'AP réduit cette involution physiologique liée à l'avancée en âge tandis que la sédentarité accentue cette involution. Toutefois, la DMO des personnes sédentaires serait équivalente à celle des personnes modérément actives sur les sites anatomiques non soumis aux pressions mécaniques induites par l'AP (Calderon-Garcia et al. 2013).

3.3.12.3.1.3 Risque de fracture

Le taux d'incidence de fractures de hanches et de fractures vertébrales demeure plus faible chez des sujets âgés physiquement actifs comparativement à des sujets âgés non actifs (Marks et al. 2003, Sinaki et al. 2002, Cumming et al. 1997). Le suivi de 9 704 femmes de plus de 65 ans durant environ 8 ans (7,6 années) indique que les personnes appartenant aux quintile et quartile les plus élevés en termes de niveau d'AP présentent un taux de fractures de hanche 36% (RR = 0,64, IC_{95%} = [0,45-0,891]) plus faible que celles appartenant au quintile le plus bas (Gregg et al. 1998). Ces auteurs précisent que les femmes actives qui pratiquent à une intensité allant de modérée à élevée diminuent de 42 % et 33 % le risque de fracture de hanche et de vertèbre respectivement en comparaison avec les femmes inactives. Dans le même sens, il existerait une relation entre la DMO et le risque fracturaire ostéoporotique (Sakai et al. 2010, Lane 2006, Dargent-Molina et al. 2002). Néanmoins, outre la valeur de la DMO, d'autres facteurs environnementaux et génétiques ainsi que la probabilité de chute accentuent ou atténuent ce risque fracturaire (Kaptoge et al. 2005). Le temps de maintien en appui monopodal demeure particulièrement discriminant en termes de risque fracturaire du radius chez les sujets de plus de 65 ans, particulièrement s'il est inférieur à 15 secondes (Sakai et al. 2010). En pratique, à titre préventif, il conviendrait de soumettre les sites particulièrement fragiles au regard du risque fracturaire à des contraintes mécaniques fréquentes et relativement intenses avec des activités particulièrement adaptées au statut physiologique de l'individu concerné.

Certes, il existe une relation entre la densité minérale osseuse et le risque de fracture osseuse ainsi qu'une relation entre l'AP et la DMO mais il n'est actuellement pas prouvé que la sédentarité augmente le risque de fracture osseuse puisque les personnes actives sont davantage exposées aux fractures survenant au cours de leur AP professionnelle et de loisir (Appleby et al. 2008, Walker-Bone et al. 2014). Toutefois, plus la quantité d'AP serait élevée, plus le risque de fracture ostéoporotique associée à la chute est faible (Michaëlsson et al. 2014, Cauley et al. 2013).

3.3.12.3.1.4 Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité

La fonction ostéogénique des entraînements aérobies (e.g. marche, course) n'est effective que si l'intensité de l'exercice (i.e. les impacts au sol et donc les déformations osseuses) est de haute intensité et celle des entraînements de renforcement musculaire est effective que si les contractions musculaires effectuées sont dynamiques et de forte intensité. Les activités physiques réalisées en condition de décharge corporelle (e.g. natation, vélo) ou en condition statique (e.g. étirements, exercices d'équilibration) sont en revanche des activités parmi les moins ostéogéniques. L'activation de la fonction ostéogénique par le biais de l'exercice physique est plus difficile pour la femme vieillissante que pour l'homme vieillissant en raison de facteurs hormonaux moins favorables.

Ostéoporose

Activité physique

- L'activité physique peut favoriser l'ostéogénèse (synthèse du tissu osseux).
- L'activité physique pourrait réduire le risque fracturaire chez la personne âgée.
- Un effet-dose réponse a été retrouvé : plus l'intensité et la fréquence de l'activité physique sont élevées, meilleure est la réponse ostéogénique.
- Il existe une relation entre la quantité d'activité physique pratiquée et la densité minérale osseuse (sur les sites anatomiques spécifiquement soumis à des contraintes mécaniques élevées et répétées).

Sédentarité

La sédentarité augmente la déminéralisation osseuse et accroît le risque de fractures ostéoporotiques.

Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité

- La durée optimale d'une AP dynamique, significative en termes de remodelage osseux, se situe entre 4 et 6 mois. Les effets ostéogéniques de l'AP débutent à partir de 2-3 séances hebdomadaires. Plus l'intensité et la fréquence de l'exercice sont élevées, meilleure demeure la réponse ostéogénique tandis que la régularité de l'AP représente un autre paramètre fondamental dans le maintien de la densité minérale osseuse.

La mise en AP chez la personne sédentaire implique une programmation progressive en durée, en intensité et en fréquence pour favoriser les adaptations physiologiques et éviter des perturbations homéostasiques trop importantes.

3.3.12.3.2 Déclin cognitif

3.3.12.3.2.1 Altérations structurelles et fonctionnelles

Le vieillissement cérébral s'accompagne de modifications structurelles et fonctionnelles plus ou moins importantes selon les individus. Chez les sujets cliniquement sains, il se manifeste en premier lieu par des troubles mnésiques (capacités de mémorisation d'un vocabulaire ou d'informations nouvellement apprises) puis par une régression des performances cognitives (temps de réaction, attention sélective, capacités visuo-spatiales, capacités d'apprentissage, capacités d'adaptation à l'environnement).

La dégradation du processus de plasticité synaptique expliquerait au moins en partie ces altérations (Bergado and Almaguer 2002). Au niveau cellulaire, on observe une perte ou une altération de l'arborisation dendritique accompagnée d'une disparition ou d'une modification des structures synaptiques (Kelly et al. 2006). Les neurones subiraient un ralentissement de leurs activités métaboliques ; leur taille moyenne diminue de façon significative et le débit sanguin cérébral ainsi que le métabolisme du glucose régressent (Moeller et al. 1996, Martin et al. 1991). L'apoptose de certains types de cellules nerveuses ne serait observée que dans certaines zones cérébrales (Rutten et al. 2003). Ces éventuelles pertes neuronales concerneraient surtout les neurones dont les axones sont myélinisés (Saver 2006, Mazner et al. 2003, Peters 2002). Par ailleurs, le stress psychologique chronique intense, et plus particulièrement la concentration en glucocorticoïdes qu'il induit, est facilitateur d'aggravation des effets du vieillissement cérébral. L'exposition prolongée à de fortes doses de cortisol endommagerait les neurones de l'hippocampe (Qin et al. 2012, Hasan et al. 2012). Enfin, le vieillissement cérébral s'accompagne généralement d'une altération des voies dopaminergiques essentielles au bon fonctionnement des fonctions exécutives (Erixon-Lindroth et al. 2005).

3.3.12.3.2.2 Effets de l'activité physique et de la sédentarité

Activité physique

Des études longitudinales ont montré que l'AP aurait un effet prophylactique sur la santé cérébrale et les fonctions cognitives des personnes âgées. Le suivi de 295 sujets âgés dans 3 pays européens (Italie, Hollande et Finlande) sur 10 ans a indiqué que les fonctions cognitives restaient stables chez les personnes ayant maintenu leur niveau d'AP (quantité ou intensité) alors qu'elles régressaient chez les personnes ayant diminué leur niveau d'AP quotidienne (van Gelder et al. 2004). Une étude ayant inclut 347 sujets âgés de 75 ans de moyenne d'âge a rapporté un déclin cognitif (Mini Mental State Examination) deux fois plus important chez les sujets qui pratiquent moins d'une heure d'AP quotidienne (Schuit et al. 2001). Pour une pratique d'activité aérobie supérieure ou égale à 30 minutes au moins 3 fois par semaine chez une population sensiblement du même âge, le risque de déclin cognitif était diminué de plus de 3 fois sur une durée de 3 ans (Lytle et al. 2004). Selon Lee et al. (2015), plus la quantité d'AP serait élevée, plus la probabilité statistique de réduire le déclin cognitif serait élevée (RR = 0,40, IC_{95%} = [0,23–0,68] pour les sujets

pratiquant moins de 150 min/sem, $RR = 0,45$, $IC_{95\%} = [0,27-0,74]$ pour les sujets pratiquant plus de 150 min/sem).

Une relation effet-dose a en effet été rapportée concernant le risque de déclin cognitif. Une étude longitudinale menée chez 5 925 sujets âgés de plus de 65 ans pendant 6 à 8 ans a montré que le déclin cognitif serait de 17 %, 18 % 22 % et 24 % respectivement pour le plus haut, le troisième, le second et le plus bas quartiles, relatifs au niveau d'AP pratiqué quotidiennement (Yaffe et al. 2001). Par ailleurs, le suivi 18 766 femmes américaines âgées de 70 à 81 ans pendant 7 ans (1995 à 2001 et 1997 à 2003) a montré que les sujets appartenant au quintile le plus élevé en termes de niveau d'AP présentaient un risque de déclin cognitif 20 % plus faible que les sujets appartenant au quintile le plus bas (Weuve et al. 2004).

Concernant les sujets âgés de plus de 80 ans, la méta-analyse de Colcombe et Kramer (2003), ayant intégrée dix-huit études d'intervention (entre 1966 et 2001) a conclu à des effets positifs de l'AP sur les fonctions cognitives.

L'AP régulière serait également susceptible d'améliorer les fonctions exécutives, l'attention, la vitesse de réflexion, la mémoire épisodique et la mémoire procédurale (Voelcker-Rehage et Niemann 2013, Angevaren et al. 2008, Bixby et al. 2007, Colcombe et al. 2004). L'exercice aérobie engendrerait une augmentation de la matière grise au niveau des lobes frontal et temporal ce qui améliorerait les performances cognitives (Voelcker-Rehage and Niemann 2013, Kramer et al. 2002). Une étude longitudinale a montré une relation entre la quantité d'AP et le volume des aires préfrontales, temporales et de l'hippocampe après 9 années de suivi chez 299 sujets (178 femmes) âgés de 78 ans de moyenne d'âge (Erickson et al. 2010). Un an plus tard, une étude d'intervention réalisée par la même équipe a rapporté qu'un entraînement aérobie de 12 mois générerait une augmentation de 2% du volume hippocampal et une amélioration de la mémoire spatiale chez 120 sujets âgés (73 femmes) de 68 ans en moyenne (Erickson et al. 2011). L'AP agirait favorablement sur l'encéphale, d'autres travaux sont nécessaires pour expliquer les mécanismes induits.

Sédentarité

Chez les sujets âgés, le risque de déclin de la fonction cognitive générale augmente avec la sédentarité (Hildreth et al. 2014). Il existerait une relation entre le temps de sédentarité cognitivement passive et la performance cognitive. En effet, plus le temps passé devant un téléviseur est long, moins performante serait la fonction exécutive d'une part, et plus les syndromes dépressifs seraient importants d'autre part (Hamer et Stamatakis 2014, Kesse-Guyot et al. 2012).

L'AP aurait un rôle préventif contre le déclin cognitif. Le risque de déclin cognitif diminue avec l'augmentation de la quantité d'AP. Par ailleurs, la sédentarité représente un facteur de dégradation de la fonction cognitive important chez les personnes âgées.

3.3.12.3.2.3 Mécanismes

L'AP aérobie d'intensité élevée à modérée induirait une augmentation du débit sanguin organique. Cette augmentation génère en filigrane un accroissement du débit sanguin cérébral (aires corticales et sous corticales) ou une élévation de l'utilisation de l'oxygène au niveau cérébral, pouvant engendrer une amélioration du métabolisme des glucides et des neurotransmetteurs qui s'avère déterminante pour le fonctionnement cognitif (Voelcker-Rehage and Niemann 2013, Gligoroska and Manchevska 2012). Concernant les adaptations cérébrales, l'AP engendre une cascade de réactions physiologiques qui stimule l'angiogenèse, la neurogenèse et la synaptogenèse (Gligoroska and Manchevska 2012, Deslandes et al. 2009, Lista et Sorrentino

2009, Eggermont et al. 2006) et atténue la formation de plaques β -amyloïdes au niveau cérébral (Adlard et al. 2005). Cette plasticité cérébrale induite par l'AP régulière résulterait d'une augmentation de la production et de l'expression de BDNF, de nerve growth factors (NGF ou facteurs de croissance des nerfs), d'IGF-1 et de vascular endothelial growth factor (VEGF ou facteurs de croissance endothélial vasculaire) et d'une diminution de concentration de plaques Amyloïdes- β ($A\beta$) notamment dans les zones cérébrales particulièrement impliquées dans la fonction cognitive (notamment la mémoire) telles que l'hippocampe (Coelho et al. 2013, Voelcker-Rehage and Niemann 2013, Gligoroska and Manchevska 2012). Audiffren et al. (2011) rapportent au travers d'une revue de la littérature que l'exercice aérobique faciliterait également la synthèse de dopamine cérébrale.

3.3.12.3.2.4 Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité

Activité physique

La pratique régulière d'exercices de coordination motrice sollicite les structures cérébrales impliquées dans le contrôle du mouvement et la vitesse de perception et améliore de ce fait, non seulement la qualité des réponses motrices (justesse et de vitesse d'exécution), mais également le processus d'intégration des informations visuo-spatiales (Voelckler-Rehage et al. 2011). Ces auteurs ont montré, à l'aide de la technique d'IRM fonctionnelle, que l'exercice de coordination augmente le niveau d'activation du réseau cérébral traitant les informations visuo-spatiales et induit en conséquence des adaptations positives sur la fonction cérébrale.

Colcombe et al. (2006) ont mis en avant l'absence d'effet des étirements et du renforcement musculaire sur le volume cérébral et le fonctionnement cognitif, en raison d'un niveau de sollicitation métabolique ou cognitif induit trop faible, contrairement à la pratique aérobique ou d'exercices de coordination chez les sujets adultes (pour revue Voelcker-Rehage et Niemann 2013) et âgés de 60 à 79 ans (Colcombe et al. 2006). D'autres auteurs ont rapporté que des activités non-aérobiques telles que les étirements et la tonification musculaire pouvait améliorer les fonctions cérébrales chez les sujets âgés (Voss et al. 2010). La pratique du Tai Chi serait par ailleurs bénéfique à la fonction cérébrale (Wu et al. 2013, Nguyen et Kruse 2012, Chang et al. 2010, Taylor-Piliae et al. 2010) même si ses effets méritent d'être validés avec des cohortes importantes de sujets âgés (Blake and Hawley 2012). Les effets préventifs de ces différents types d'exercices (étirements ou renforcement musculaire) restent encore explorer.

La contribution de chaque type d'exercice sur les structures et fonctions cérébrales des personnes âgées reste à définir plus précisément. A ce jour, nous savons néanmoins que la pratique d'exercices aérobiques combinée à d'autres types d'exercices générerait des effets positifs plus importants sur les fonctions cognitives que la seule pratique d'exercices aérobiques (Audiffren et al. 2011).

Sédentarité

Un faible niveau d'AP combiné à une faible consommation de fruit et de légumes seraient associés à l'altération de la mémoire verbale avec l'avancée en âge (Kesse-Guyot et al. 2014). Par ailleurs, la sédentarité cognitivement passive altérerait les fonctions cognitives alors que la sédentarité cognitivement active (plus d'une heure quotidienne passée devant un ordinateur connecté à internet) limiterait cette altération et pourrait même améliorer la fonction exécutive (Hamer et Stamatakis 2014, Kesse-Guyot et al. 2012).

Déclin cognitif

- Le vieillissement cérébral se manifeste en premier lieu par des troubles mnésiques, puis par une régression des performances cognitives.

Activité physique

- L'activité physique peut limiter ces involutions cérébrales et cognitives chez les personnes âgées de plus de 65 ans. Le risque de déclin cognitif pourrait même être inversement proportionnel au niveau d'activité physique pratiquée.
- L'exercice aérobie aigu augmente le flux sanguin cérébral et engendre de ce fait une cascade de réactions physiologiques qui lorsqu'elles sont répétées régulièrement stimulent l'angiogenèse, la neurogenèse et la synaptogenèse.

Sédentarité

Il existerait une relation entre le temps de sédentarité cognitivement passive et la performance cognitive. Plus le temps passé devant un téléviseur est long, moins performante serait la fonction exécutive d'une part, et plus importants seraient les syndromes dépressifs d'autre part.

Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité

L'AP aérobie est efficace pour lutter contre le déclin cognitif mais la combinaison d'une AP aérobie avec d'autres types d'exercices tels que les étirements, le Tai Chi ou le renforcement musculaire serait probablement plus efficace.

3.3.12.3.3 Risque de chute

3.3.12.3.3.1 Causes de la chute

La chute de la personne âgée résulte généralement d'un déséquilibre postural non compensé par sa fonction d'équilibration en raison d'un manque de réserve fonctionnelle et adaptative. Elle survient souvent au cours d'activités physiques domestiques ordinaires, comme la marche ou le lever d'une chaise). Les conséquences de la chute sont particulièrement graves pour la population de personnes âgées. Elles peuvent engendrer un état poly pathologique, une hospitalisation, une institutionnalisation, éventuellement une perte d'autonomie définitive, voire un risque accru de mortalité dans le pire des cas.

Avec l'avancée en âge, la chute est souvent multifactorielle. Elle implique simultanément des facteurs sanitaires (état de santé général, pathologies aiguës ou chroniques), circonstanciels (activité dynamique, chaussures et équipements inadaptés) et environnementaux (habitats inadaptés, voies d'accès à certains bâtiments escarpées, escaliers exigus ou sans rampe, sols glissants). Par ailleurs, l'ostéoporose peut constituer un facteur direct de risque de chute. La fracture ostéoporotique du col du fémur chez la personne âgée sous la seule contrainte de sa masse corporelle est effectivement génératrice de chute. Dans ce chapitre, nous traiterons de la chute de la personne âgée sous le seul prisme de sa perte d'équilibre.

3.3.12.3.3.2 Relation entre la chute et les capacités d'équilibration

La fonction d'équilibration repose sur la détection et la transmission d'informations sensorielles (principaux capteurs sensoriels : yeux, système vestibulaire, fuseaux neuromusculaires, organes tendineux de Goldi, récepteurs articulaires, récepteurs cutanés plantaires) aux systèmes intégrateurs (noyaux vestibulaires) et de contrôle (cortex cérébral et cervelet) qui les traitent pour activer la voie motrice régulatrice de la position des différents segments corporels permettant le maintien de l'équilibre général du corps (muscles posturaux ou antigravitaires, principalement les muscles extenseurs de la tête, du tronc, de la cuisse, de la jambe et du pied). L'efficacité de cette fonction d'équilibration demeure fondamentale dans la réalisation d'AP dynamiques pour préserver l'équilibre postural du corps et ainsi éviter la chute. Il existe d'ailleurs un lien direct entre le risque de chute et les capacités d'équilibrations chez la personne âgée (Piirtola et Era 2006) particulièrement en condition dynamique (Desai et al. 2010). Bien qu'on puisse observer une grande variabilité d'un individu à un autre, les capacités d'équilibration régressent régulièrement et le risque de chute s'accroît en conséquence avec l'avancée en âge.

3.3.12.3.3.3 Altération des capacités d'équilibration

L'origine de la régression de la fonction d'équilibration est multiple et systémique (Figure 31). L'altération des fonctions sensorielles est fortement impliquée dans les troubles de l'équilibration (Maitre et al. 2013a, Sturnieks et al. 2008), notamment par la dégradation de la proprioception (Wingert et al. 2013, Maitre et al. 2013a). D'autres facteurs sont également susceptibles d'affecter la fonction d'équilibration tels que l'altération des fonctions cognitives (temps de réaction, anticipation, vigilance), du schéma corporel, de l'acuité visuelle (avec rétrécissement du champ visuel), de la sensibilité vestibulaire (avec éventuellement négligence des informations vestibulaires) et cutanée plantaire, de la force musculaire, des synergies musculaires, de la souplesse articulaire (mobilité de la hanche et de la cheville et dorsiflexion du pied) ainsi que l'augmentation des latences motrices (durée du traitement central et vitesse de conduction nerveuse périphérique et centrale).

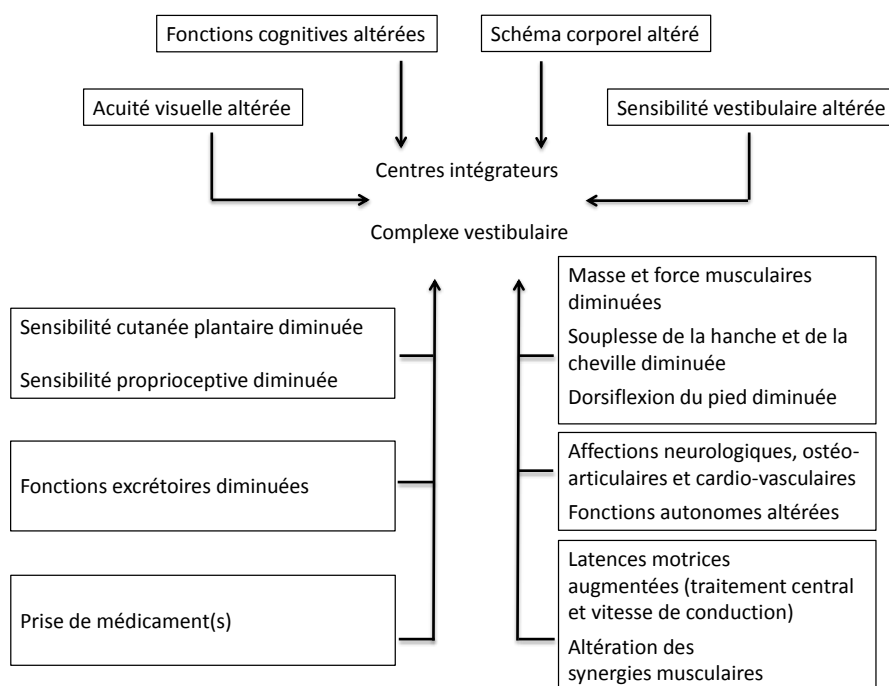


Figure 31. Evolution de la fonction d'équilibration avec l'avancée en âge (adaptée de Vincent 1993).

Au-delà de 65 ans, 30 % des sujets présentent une instabilité posturale. L'évaluation de l'équilibre statique (sans modification ou rétrécissement de la surface d'appui) chez les sujets âgés montre une instabilité posturale qui se caractérise par une augmentation des oscillations posturales (Maki

et al. 1990). L'âge à partir duquel cet équilibre se dégrade n'est pas clairement défini. La dégradation de la stabilité posturale débute vers 50 ans. Cette dégradation s'amplifie jusqu'à l'âge de 75-80 ans. L'instabilité posturale (sévère) s'installe durablement pour continuer à s'aggraver après l'âge de 80 ans. L'équilibre postural sur une base dynamique i.e. avec déformation ou déplacement de la surface d'appui du support (plateau mobile à bascule), définit comme équilibre dynamique, régresse au fil des années (Wolfson et al. 1992). Il régresserait même davantage que l'équilibre statique (Maki et al. 1990).

Les oscillations posturales dans le plan sagittal augmentent essentiellement en amplitude et en fréquence (Ring, 1989), quelle que soit la condition d'évaluation (statique ou dynamique). Perrin et al. (1997) ont montré que le rapport entre les oscillations antéropostérieures et les oscillations médiolatérales augmente avec l'âge. L'avancée en âge se traduit par une augmentation des oscillations antéropostérieures sans toutefois accroître proportionnellement le risque de chute. En revanche, l'augmentation des oscillations dans le plan frontal majore ce risque (Maki et al. 1994). L'altération du contrôle postural est plus importante en condition yeux fermés qu'en condition yeux ouverts chez les sujets âgés comparativement aux sujets jeunes (Baloh et al. 1994), surtout dans le plan sagittal. Ceci signifie que la contribution des informations visuelles dans la régulation posturale augmente avec l'avancée en âge. La difficulté observée dans le plan sagittal chez les sujets âgés témoigne d'un défaut d'utilisation de la stratégie de cheville. En effet, le vieillissement physiologique s'accompagne d'une mutation de la stratégie posturale de cheville en faveur de la stratégie de hanche (Woollacott, 1986). Par ailleurs, la dépendance aux informations proprioceptives s'accroît au fil des années (Wolfson et al. 1992). C'est la raison pour laquelle, les sujets âgés sont davantage perturbés que les sujets jeunes en condition d'équilibration dynamique. L'avancée en âge réduit progressivement les possibilités de compensation d'un trouble sensoriel. Chez un sujet jeune, le déficit d'un canal sensoriel peut être plus facilement compensé par les autres canaux sensoriels comparativement à un sujet âgé. La déficience ou le conflit sensoriel est plus difficile à compenser chez la personne âgée surtout si elle est soumise à un changement brusque des conditions environnementales.

L'altération des capacités d'équilibration impacte négativement les capacités fonctionnelles particulièrement en condition dynamique. Cette altération du contrôle postural en condition dynamique est notable dans le cas d'une double tâche e.g. tâche d'équilibre combinée à une tâche cognitive (Boisgontier et al. 2013). En s'appuyant sur des études de neuroimagerie, cette revue de la littérature rapporte une augmentation liée à l'âge du traitement contrôlé (i.e. mobilisation des ressources cognitives) de la station debout. En situation de double-tâches, l'augmentation de la charge attentionnelle peut conduire à une altération de la performance posturale lorsque les ressources attentionnelles sont canalisées vers les tâches cognitives ou l'allocation de l'attention à la posture est réduite (Borel and Alescio-Lautier 2015). Une autre conséquence de la réalisation concomitante d'une tâche posturale et d'une tâche cognitive chez le sujet âgé consiste en un changement de stratégie posturale. Les sujets adoptent une posture plus rigide s'ils privilégient la posture à la tâche cognitive (Bernard-Demanze et al. 2009). Ces auteurs rapportent que l'altération de la performance posturale est inévitable et peut même entraîner la chute dans une condition d'équilibration dynamique (Bernard-Demanze et al. 2009).

La station debout combinée au mouvement (lui-même générateur de déséquilibre), comme c'est le cas dans le cadre de la marche, nécessite une plus grande implication attentionnelle chez la personne âgée que chez la personne jeune. L'analyse cinématique de la marche révèle une involution des capacités motrices des personnes âgées. La marche, pouvant être définie comme une succession d'épisodes de déséquilibres corporels transitoires nécessitant d'être rétablis constamment par la pause du pied de balancement en avant de la verticale passant par le centre de gravité, subit des modifications fonctionnelles. Concrètement, l'analyse des caractéristiques spatio-temporelles de la marche met en exergue certains processus de détérioration de la locomotion chez la personne âgée. Incontestablement, la vitesse de marche régresse. Une vitesse de 1,13 m/s pour les femmes et 1,26 m/s pour les hommes chez des sujets âgés entre 70 et 79 ans ainsi qu'une vitesse de 0,94 m/s pour les femmes et 0,97 m/s pour les hommes chez des sujets âgés entre 80 et 99 ans représentent des statuts fonctionnels confortables (Peel et al.

2013). En revanche, une vitesse de marche correspondant à 0,8 m/s est prédictive de faibles capacités fonctionnelles tandis qu'une vitesse correspondant à 0,6 m/s constitue un seuil prédictif de déclin fonctionnel très avancés chez les sujets âgés (Abellan van Kan et al. 2009). Outre la vitesse de marche évaluée sur une distance de 4 m, les évaluations gériatriques destinées à apprécier les capacités fonctionnelles des personnes âgées (*short physical performance battery*) comprennent actuellement, parmi d'autres tests, des tests d'équilibre (tenter de maintenir 3 positions posturales pendant 10 s : position pieds joints, position semi-tandem et position tandem ; les tests sont réussis ou non, s'ils ne le sont pas, les temps de maintien sont évalués) et un test de lever de chaise (se lever 5 fois d'une chaise consécutivement, le test est réussi ou non, s'il est réussi, le temps de réalisation est évalué).

L'activité marche étant l'activité la plus basique qui permet à une personne âgée de conserver son autonomie et son indépendance, il convient de décrire sommairement les caractéristiques principales de sa dégradation. Les résultats de Costes-Salon et al. (1995) montrent que le ralentissement de la vitesse de marche apparaît dès l'âge de 50 ans et que sa valeur est de -10 % entre 61 et 70 ans, -20 % entre 71 et 80 ans et -30 % entre 81 et 90 ans. La diminution de la vitesse de marche est surtout liée à la régression de la longueur du pas car la cadence est conservée ou diminue proportionnellement moins. Une cadence considérée normale se situe aux environs de 110 cycles par minute chez des sujets de 20 ans. Cette cadence demeure sensiblement équivalente à 105 cycles par minute chez des sujets de 70 ans. Les temps d'appui et de double appui augmentent tandis que les temps de balancement demeurent relativement constants (Costes-Salon et al. 1995). L'analyse de la locomotion montre également que les déplacements du centre de gravité dans la direction verticale diminuent (car la force propulsive du pied régresse) et la largeur du polygone de sustentation augmente. La marche devient moins « aérienne ». L'amplitude des mouvements de hanche, de genoux et de chevilles décroît. L'attaque du pied au sol (qui s'effectue par le talon chez la personne jeune) se fait davantage à plat et le déroulement du pied est moindre lors de l'appui. Ceci peut s'expliquer par le déclin de la dorsiflexion qui limite la capacité à poser le pied par l'attaque du talon. Le balancement des bras et les mouvements de rotation des ceintures scapulaire et pelvienne diminuent en amplitude, ce qui témoigne de l'existence d'un équilibre précaire durant la marche chez la personne âgée. A partir du moment où la vitesse de marche, la longueur du pas et la durée du double appui demeurent régulières, le sujet ne présente pas de risques majeurs de chuter. En revanche, l'irrégularité de ces paramètres est corrélée avec la survenue des chutes (Hausdorff et al. 1997). Plus récemment Taylor et al. (2013) ont rapporté que la longueur du pas et le temps de balancement demeurent certes variables chez les chuteurs multi récidivistes mais leur vitesse de marche est également plus lente, leur longueur de pas plus courte, leur temps de double appui plus long et leur largeur de pas (i.e. écartement des appuis) plus importante comparativement aux non chuteurs. La survenue de pas glissés, les changements de direction en bloc, la marche précautionneuse et la peur de chuter constituent également de réels facteurs de risque de chute.

Concernant le risque de chute lié aux capacités d'équilibration proprement dit, une incapacité à maintenir la position monopodale pendant au moins 5 secondes constitue un fort risque de chute même si ce test très discriminant à lui seul ne permet pas de prédire toutes les chutes susceptibles d'intervenir dans la vie d'une personne âgée (Vellas et al. 1997).

L'avancée en âge se traduit par une dégénérescence progressive des entrées sensorielles. L'intégration et le traitement des informations qui émanent des capteurs sensoriels sont également altérés. La programmation des réponses motrices par l'ensemble des structures du système nerveux central participant à la régulation posturale perd en efficacité tandis que les effecteurs (les muscles posturaux) se dégradent sur les plans structurels et fonctionnels. En fait, toute la chaîne de régulation du contrôle postural est affectée sous l'emprise des effets du vieillissement.

3.3.12.3.3.4 Effets de l'activité physique et de la sédentarité en prévention du risque de chute

Activité physique

Les capacités d'équilibration peuvent être reconditionnées par la pratique d'exercices physiques stimulants les voies sensorielles et motrices chez la personne âgée (Maitre et al. 2013b). Ceci a pour effet de réduire son risque de chute (Lee et al. 2013). L'OMS (2010) estime que l'AP régulière abaisse le risque de chute de près de 30 % chez les personnes âgées dont la mobilité est réduite.

Un entraînement spécifique composé seulement d'exercices d'équilibre sur 9 semaines chez des sujets âgés améliore leurs capacités posturales et a, de toute évidence, une action bénéfique sur la prévention de la chute et de ses conséquences (Ledin et al. 1990). Les entraînements visant spécifiquement le développement de la puissance ou de la force des muscles du membre inférieur ou du tronc améliorent les capacités d'équilibration chez les sujets âgés (Lee and Park 2013, Granacher et al. 2013, Hess et Woollacott 2005). La pratique du Tai Chi sollicitant particulièrement la coordination et la souplesse articulaire améliore l'équilibre statique et dynamique y compris dans des conditions sensorielles perturbées (Tousignant et al. 2013, Wong et Lan 2008, Wolf et al. 1997). Les exercices aérobies tels que la marche peuvent également améliorer la stabilité posturale grâce notamment à un affinement de la proprioception chez des hommes âgés de 66 ans de moyenne d'âge (Paillard et al. 2004). Les différentes activités évoquées (exercices d'équilibre, de renforcement musculaire, de Tai Chi et d'endurance) peuvent effectivement de façon isolée bonifier les performances posturales. Néanmoins, la technique la plus efficace consisterait à combiner dans un même programme différentes activités physiques sollicitant l'ensemble des qualités physiologiques citées précédemment (Cadore et al. 2013, Tricco et al. 2013, Beebe et al. 2013, Alfieri et al. 2012, Holviala et al. 2012). Une méta-analyse a montré que la pratique d'exercices d'endurance, de souplesse articulaire, d'équilibration, de Tai Chi et de force musculaire pendant 10 à 36 semaines réduisait les chutes sur une période de 2 à 4 ans chez des sujets âgés de 60 à 75 ans (Province et al. 1995). Cette étude a rapporté une augmentation que la durée moyenne entre deux chutes, particulièrement lorsque les programmes comportaient des exercices d'équilibre en comparaison avec des programmes n'en comportant pas (RR = 0,83, IC_{95%} = [0,70 - 0,98] vs RR = 0,90, IC_{95%} = [0,81 - 0,99]). Des méta-analyses récentes ont confirmé que les programmes d'intervention multi-activités réduisaient le nombre de chutes chez des sujets âgés (Silva et al. 2013, El-Khoury et al. 2013), présentant ou non des troubles cognitifs et étant institutionnalisés ou non (Guo et al. 2013). La méta-analyse de El-Khoury et al. (2013) ayant porté sur 17 études, soit 4 305 personnes âgées de plus de 60 ans, a mis en avant un effet significatif de l'AP sur la prévention des chutes (RR = 0,63, IC_{95%} = [0,51 - 0,77]). Cet effet a été rapporté pour les chutes nécessitant une intervention médicale (RR = 0,70, IC_{95%} = [0,54 - 0,92]), pour les chutes sévères (RR = 0,57, IC_{95%} = [0,36 - 0,90]) et pour les chutes provoquant une fracture osseuse (RR = 0,39, IC_{95%} = [0,22 - 0,66]). La méta-analyse de Silva et al. (2013) a regroupé les résultats de 12 études incluant 1 292 personnes âgées (68 % de femmes) de 84 ans de moyenne d'âge et indiquait également un effet préventif de l'AP (RR = 0,77, IC_{95%} = [0,64 - 0,92]). Cet effet différait selon la durée du programme (entre 1 et 3 mois RR = 0,65, IC_{95%} = [0,43 - 0,98] vs plus de 6 mois RR = 0,70 ; IC_{95%} = [0,56 - 0,87] et demeure important lorsque l'AP est pratiquée au moins 2 à 3 fois par semaine (RR = 0,74, IC_{95%} = [0,60 - 0,91]). Enfin, un autre effet a été constaté : les programmes d'intervention destinés à prévenir les chutes diminuaient la peur de chuter chez les personnes âgées (Chase et al. 2012) et facilitent ainsi leur mise en mouvement.

L'AP régulière pourrait à long et moyen termes modifier les stratégies posturales des sujets âgés (Paillard 2009). Les différentes mesures posturographiques répertoriées dans la littérature ont montré qu'à l'issue d'un programme d'activité(s) physique(s), la contribution des informations visuelles diminue (différence entre les performances obtenues avec les yeux ouverts et celles obtenues avec les yeux fermés) dans la régulation posturale (Gauchard et al. 2001). Ceci se traduit par un affinement et une augmentation du rôle des informations proprioceptives (Maitre et al. 2013b). Par ailleurs, comme la spécificité d'une AP induit l'utilisation préférentielle d'un canal sensoriel (e.g. vestibulaire, visuel ou somatosensoriel), la pratique répétée de cette activité renforce l'utilisation préférentielle d'un type particulier d'informations en toute circonstance (Paillard 2009). L'AP variée développe la capacité à commuter d'un système sensoriel à un autre. Ceci

facilite la résolution de conflits inter-sensoriels. En outre, la pratique régulière améliore les capacités d'orientation spatiale et diminue le temps de réaction (face à un éventuel déséquilibre), ce qui contribue à bonifier le schéma corporel postural et les performances posturales chez les personnes âgées.

Toutefois, les acquis posturographiques obtenus à travers la pratique d'activités physiques ne sont pas définitifs. Chez les personnes âgées, les meilleures performances posturales sont obtenues par celles qui pratiquent l'AP au moment où les tests sont effectués. Perrin et al. (1999), ont constitué 4 groupes de sujets âgés de plus de 60 ans : un groupe pratiquant et ayant toujours pratiqué une activité physique (AA), un groupe pratiquant mais ayant débuté à un âge avancé (IA), un groupe ne pratiquant plus mais ayant pratiqué à un âge plus jeune (AI), et un groupe ne pratiquant pas et n'ayant jamais pratiqué (II). Ces auteurs ont constaté que les performances posturales étaient meilleures chez les deux groupes qui pratiquent une AP au moment où les tests ont été réalisés. Dans l'ensemble, l'équilibre postural décroît dans l'ordre suivant : AA > IA > AI > II. La période de pratique semble déterminante sur l'efficacité des capacités d'équilibration des personnes âgées. Néanmoins, les personnes qui ont toujours pratiqué demeurent plus performantes que celles qui ont commencé à pratiquer tardivement.

Sédentarité

Non seulement les personnes sédentaires présenteraient un moins bon contrôle postural que les personnes actives mais elles seraient également davantage affectées par une perturbation sensorielle (Maitre et al. 2013b 2015). Les personnes sédentaires sont en conséquence plus exposées au risque de chute que les personnes actives.

Selon le profil des individus, l'AP réduit ou atténue les effets délétères du vieillissement sur la fonction posturale chez des sujets déjà actifs et améliore la performance et la stratégie posturales chez les sujets initialement sédentaires ou inactifs. En l'absence totale d'AP, l'altération de la fonction posturale et le risque de chute progressent avec l'avancée en âge.

3.3.12.3.3.5 Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité

Activité physique

L'AP vise à compenser un éventuel déficit de la voie sensorielle (capteurs sensoriels) ou de la voie motrice (synergies musculaires) afin de développer ou d'entretenir des capacités d'adaptation en termes de performance et de stratégie posturales face aux situations de la vie courante susceptibles de mettre en péril l'équilibre postural de la personne âgée et donc de provoquer sa chute. Cette AP comporte des conditions statiques et dynamiques qui impliquent des réponses motrices passives et actives et se déroulent dans un environnement stable et instable comprenant des situations prévisibles et imprévisibles.

Le principe consiste à varier les attitudes posturales et les réponses motrices induites et à solliciter et perturber les différentes informations sensorielles pour engendrer des interactions et des compensations sensorielles.

Des activités d'équilibration, de force et de stimulation cognitive semblent prioritaires même si les activités d'endurance, de coordination et d'assouplissement sont également nécessaires.

Les activités d'équilibration et de proprioception peuvent s'orienter de la façon suivante :

- activités spécifiques : Tai Chi, danse, gym volontaire etc. ;
- exercices posturaux et d'équilibration spécifiques.

Les différents paramètres des AP d'équilibration proposées reposent sur :

- la surface d'appui des pieds (augmenter, réduire) ;
- la nature du support (stable, instable) ;
- les autres appuis corporels (ajout ou suppression d'appuis manuels ou d'autres régions corporelles) ;

- le mode de déplacement (dynamique et impliquant des transferts d'appui) ;
- l'espace d'évolution (libre, limité, réduit etc.) ;
- les conditions sensorielles (changeantes) ;
- les conditions visuelles (yeux ouverts, yeux fermés, espace bien éclairé ou dans l'obscurité) ;
- les variations de la position de la tête (varier les informations des récepteurs cervicaux et vestibulaires)

Les activités de force peuvent s'orienter de la façon suivante :

- activités de développement de la force à base de ports et de déplacements d'objet, de résistance à des élastiques etc. ;
- activités de développement de la puissance musculaire à base d'exercices réalisés à vitesse rapide.

Les activités cognitives peuvent s'orienter de la façon suivante :

- activité de double tâche : réalisation concomitante d'une tâche posturale et d'une tâche cognitive (calcul mental, mémorisation, mobilisation de connaissances etc.) ;
- travail de vitesse de réaction à un signal visuel, auditif ou sensoriel.

Sédentarité

L'AP pour sédentaire débute par des tâches simples et faciles pour aller vers des tâches élaborées et relativement difficiles (du statique vers le dynamique ; des mouvements passifs vers des mouvements actifs ; d'un environnement stable vers un environnement instable ; de situations prévisibles vers des situations imprévisibles).

Risque de chute

- o La chute de la personne âgée est la plupart du temps le résultat d'un déséquilibre postural non compensé par sa fonction d'équilibration à cause d'un manque de réserve fonctionnelle et adaptative.
- o Il existe un lien direct entre le risque de chute et les capacités d'équilibration chez la personne âgée.

Activité physique

- o Tout exercice visant à améliorer l'équilibre postural, la force musculaire, la coordination motrice, la souplesse ou l'endurance bonifient les capacités d'équilibration, en reconditionnant les fonctions sensorielles et motrices.
- o Les effets de l'AP ne sont pas durables, une pratique régulière et ininterrompue semble nécessaire pour conserver les bénéfices.
- o L'activité physique améliore la stabilité posturale et développe également la capacité à s'adapter à des conditions perturbantes sur le plan postural.
- o La double-tâche constitue une situation écologique particulièrement perturbante dans les activités quotidiennes qu'il convient de prévenir par des exercices spécifiques.

Sédentarité

- o La personne sédentaire doit débiter le reconditionnement de ses voies sensorielles et motrices par une AP appropriée à ses moyens physiques et physiologiques, c'est-à-dire par des exercices simples en condition statique, avant d'évoluer progressivement vers des exercices extrêmes en condition dynamique comportant des perturbations posturales

Le niveau d'activité physique de la personne âgée conditionnerait l'ensemble de ses fonctions physiologiques. Il existerait une relation entre la quantité d'activité physique et sa force musculaire (au niveau du corps entier et des membres particulièrement sollicités au cours de l'activité physique), la quantité d'activité physique et la DMO (au niveau des sites anatomiques spécifiquement soumis à des contraintes mécaniques élevées et répétées), la quantité d'activité physique et les fonctions cognitives ainsi que la quantité d'activité physique et les capacités posturales, et donc le risque de chute.

3.3.12.3.4 Phénomènes de compensation de l'activité physique par la sédentarité

Le commencement d'une AP régulière chez une personne âgée sédentaire peut affecter son comportement entre les différentes périodes de pratique. La dépense énergétique quotidienne liée à l'activité physique totale reste en effet constante tout au long d'une période d'entraînement initiale car l'augmentation de la dépense énergétique liée à un programme d'endurance (3 séances hebdomadaires sur ergocycle pendant 14 semaines) est compensée par une diminution de l'activité physique spontanée en dehors des séances d'AP (non liée au programme d'entraînement) (Morio et al. 1998). En somme, une augmentation de l'AP induit une augmentation du temps de sédentarité chez un individu initialement non actif ou sédentaire. Les modalités de pratique de l'AP sont cependant susceptibles d'influencer les changements de comportement qui en découlent. Une fréquence comprise entre 2 et 4 séances hebdomadaires comprenant des exercices d'endurance et de force augmente la dépense énergétique totale ainsi que la dépense énergétique liée à l'AP tandis que 6 séances hebdomadaires d'AP diminuent la dépense énergétique en dehors des séances d'AP sur une période de 16 semaines chez 72 sujets sédentaires âgés entre 60 et 74 ans (Hunter et al. 2013). Par ailleurs, la dépense énergétique quotidienne liée à l'AP totale est plus élevée chez des femmes ménopausées sédentaires en surpoids ou obèses qui réalisent un programme d'AP (marche sur tapis roulant, 3 fois par semaine) de faible intensité (45-50 % de la consommation maximale d'oxygène) que chez celles qui ne pratiquent pas de programme d'AP. Cependant, cette même dépense énergétique est moins élevée pour les femmes qui suivent un programme d'AP d'intensité élevée (70-75 % de la consommation maximale d'oxygène) comparativement à celles qui ne suivent pas de programme d'AP (Wang and Nicklas 2011).

Le phénomène de compensation par réduction de mouvements et donc de dépense énergétique en dehors des séances d'un programme d'AP disparaîtrait au bout de 8 mois d'expérimentation quelle que soit la modalité de pratique (Rangan et al. 2011). Il conviendrait donc au début d'un programme d'AP chez des personnes âgées sédentaires ou inactives de respecter le principe de progressivité en termes d'intensité et de fréquence d'AP (et très probablement en termes de durée même si nous n'avons pas relevé d'étude qui en atteste) pour éviter ce phénomène de compensation et profiter des effets du programme d'AP dès sa mise en œuvre en termes de dépense énergétique. A partir de plusieurs mois de pratique seulement, les paramètres d'intensité, de fréquence et de durée pourraient évoluer à la hausse pour augmenter davantage la dépense énergétique quotidienne ou hebdomadaire totale.

L'AP débutée par une personne initialement non active ou sédentaire peut être compensée par l'augmentation de la sédentarité. Ce phénomène serait limité par la progressivité de la mise en place du programme d'AP.

3.3.12.4 Personnes déclarant une limitation fonctionnelle d'activité (LFA)

Dans les représentations communes, la pratique sportive, et plus globalement l'AP est vue comme une activité positive, favorable à la santé et facteur d'intégration sociale ; cette prise de conscience concerne également les personnes LFA (Lancet 2012).

La littérature disponible s'intéresse principalement aux bénéfices d'une pratique régulière sur des variables telles que la qualité de vie, le bien-être, la santé mentale, l'intégration sociale, la capacité fonctionnelle, les adaptations cardio-vasculaires, la condition physique, les facteurs de risques pour la santé et la santé, etc., ou aux représentations des professionnels ou du grand public des personnes handicapées (Marcellini et al. 2003b).

3.3.12.4.1 Expertise collective Inserm (2008)

L'expertise INSERM de 2008 aborde la problématique de l'intérêt et des bénéfices de l'AP pour les personnes LFA (publics dits spécifiques), en soulignant des bénéfices potentiels apportés par une pratique régulière d'AP, mais surtout la disparité de la littérature disponible et le manque de preuves scientifiques dû au manque d'étude contrôlées et à la diversité des publics spécifiques étudiés. Le manque d'outils spécifiques était également souligné.

L'expertise souligne l'intérêt et les bénéfices apportés par une pratique régulière d'AP particulièrement dans le cas des maladies dégénératives, qui représentent un enjeu social majeur en termes de déconditionnement et de dépendance, ainsi que pour les personnes atteintes d'un handicap physique, d'une déficience mentale ou des troubles psychiques selon les dimensions de la santé envisagées.

Il y est mis en avant qu'une pratique régulière d'AP contribue au bien-être subjectif et à la qualité de vie globale (en agissant sur différents facteurs les influençant : regard positif de l'autre, intégration dans un groupe générant des expériences positives, baisse du niveau de stress, satisfaction par rapport au corps et par la participation sociale améliorées), chez les personnes LFA comme dans la population générale. Elle a également un effet positif sur la santé mentale et la santé physique de manière globale, sur l'appareil locomoteur en général (et la force en particulier), sur le niveau de condition physique et la lutte contre le déconditionnement, notamment dans le cas des pathologies dégénératives.

Pour atteindre ces bénéfices, il faut que l'AP soit d'intensité modérée, abordée de manière progressive, et encadrée par des personnels compétents (et avec du matériel adapté, dans le respect des conditions de sécurité et des règlements).

La relation bénéfice-risque de la pratique d'AP inclut les paramètres de la discipline pratiquée, des conditions de pratique, de l'âge du pratiquant, de son niveau d'expertise, mais également de la présence de déficiences notamment neurologiques ou de l'appareil locomoteur. La qualité de l'encadrement est également fortement en compte à ce niveau.

L'expertise fait état d'un large consensus théorique sur les bénéfices que peut apporter une pratique régulière d'AP pour des populations de plus en plus sédentaires, en souffrance psychique ou physique, en situation de réadaptation ou de réinsertion sociale, mais souligne que son utilisation reste peu effective malgré cela dans les différentes structures en charge des personnes LFA (services psychiatriques, de rééducation, de réadaptation, ...). Ce manque de reconnaissance et d'application systématique est attribuable pour part au manque de travaux scientifiques apportant la preuve de l'efficacité de l'AP ou à la faible diffusion de ces travaux auprès des acteurs de santé publique quand ils existent.

L'expertise conclut à la nécessité de développer les programmes d'AP adressés aux publics spécifiques, et la nécessité de pratiques encadrées (et d'un encadrement compétent) pour assurer une continuité de participation des personnes LFA plus susceptibles d'abandonner la pratique. L'expertise rappelle dans sa conclusion la Conférence de Consensus (Nancy 2005) retenant le caractère bénéfique de l'AP même en cas de pathologie psychique ou physique avérée, notamment pour son action préventive de réduction des facteurs de risque pour la santé, et la

campagne de promotion de l'AP pour tous qui lui a fait suite supportée par la Ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie Associative (septembre 2006).

3.3.12.4.2 Données récentes

De nombreuses études ont analysées les conséquences de diverses LFA sur l'état de santé (notamment les blessures médullaires, les infirmités motrices d'origine cérébrale, les déficiences intellectuelles, etc.) soulignant que les effets délétères associés étaient pour grande part attribuables au manque d'AP et aux comportements sédentaires favorisés par les LFA. En revanche, les études portant sur l'impact de programmes de prévention primaire ou de promotion de la santé par l'AP chez les personnes LFA sont quasiment inexistantes (Rimmer 2012, 2010 2005).

Activité physique

Les études interventionnelles concernant les bénéfices sanitaires d'une pratique d'AP régulière émergent progressivement mais restent encore disparates et généralement liées à une catégorie de déficiences ou pathologies. Les données disponibles ont rapporté des bénéfices sur la qualité de vie, le bien-être, la santé mentale, l'intégration sociale, la capacité fonctionnelle, les adaptations cardio-vasculaires, la condition physique, les facteurs de risque de développer une pathologie chronique, une comorbidité ou des symptômes secondaires associés à la LFA (Marcellini et al. 2003b). Toutefois, peu d'articles de revue sont disponibles, et moins d'une dizaine méta-analyses. Les études observationnelles sont généralement transversales, réalisées sur de petits groupes et les données recueillies par méthodes déclaratives (Fekete and Rauch 2012). Dans les études d'intervention, le niveau de preuve est faible ; la difficulté de conduire des essais cliniques randomisés (RCTs) ou des études longitudinales auprès de ce public peut s'expliquer par la grande hétérogénéité de la population ou du faible nombre de personnes incluses lorsqu'une population homogène est ciblée, la difficulté de constituer des groupes témoins et la grande proportion de perdus de vue au sein des études (Martin Ginis et al. 2005). En outre, la plupart des études, conduites aux Etats Unis ou au Canada, posent questions quant à la transposition des résultats, particulièrement quand il est question de comportements et d'environnement.

Comme dans la population générale, les données disponibles aujourd'hui chez les personnes LFA confirment l'intérêt d'une pratique régulière d'AP comme agissant à la fois sur la qualité de vie, le bien-être et la santé de manière globale, et sur les facteurs de risque de développer une pathologie chronique (Rimmer et al. 2012), comme sur le risque de développer un symptôme secondaire associé à la LFA (Philpott et al. 2010), même s'il n'existe pas à ce jour de niveau de preuve systématique chez ce public à l'instar du niveau de preuve pouvant exister dans la population générale (Hicks et al. 2011). Les bénéfices de l'AP ont pu être notamment démontrés sur la douleur, les effets secondaires des traitements, ou encore le risque de développer un symptôme secondaire associé à la LFA (Philpott 2010, Rimmer et al. 2011) ; ceci relève toutefois davantage de la prévention secondaire ou tertiaire.

Les bénéfices de l'AP ont principalement été étudiés chez des groupes d'individus atteints d'une déficience ou d'une pathologie particulière. Chez l'adulte, la majorité des études ont porté sur les blessures médullaires, sur les déficiences intellectuelles ou des pathologies dégénératives comme la sclérose en plaque (Bucholz et al. 2009, Cragg et al. 2012, Heller et al. 2011, Hicks et al. 2011, Jacobs et al. 2004, Martin Ginis and Hicks 2007, Martin Ginis et al. 2012). Chez l'enfant, un regard particulier est été porté sur les troubles du développement, que l'infirmité motrice cérébrale et les déficiences intellectuelles influencent particulièrement (Johnson et al. 2009, Philpott et al. 2010).

Par exemple, dans le cas de personnes atteintes de blessures médullaires, les revues de littérature ont montré des effets bénéfiques de l'AP sur la prévention des pathologies chroniques et sur l'amélioration du bien-être physique et psychologique. Une revue de littérature a montré que

les personnes paraplégiques ou tétraplégiques les plus actives ont des profils lipidiques plus favorables et une prévalence de l'insulino-résistance plus faible que celles moins actives, alors que les compositions corporelles les plus défavorables (IMC et % de masse grasse élevés) et les marqueurs d'inflammation (protéine C réactive) sont retrouvées chez les moins actives (Buchholz 2009). Aucune étude interventionnelle ne semble avoir observé l'ensemble de ces paramètres simultanément (Martin Ginis et al. 2012). Plusieurs revues de littérature ont cependant montré que des programmes d'AP à intensité au moins modérée amélioreraient les paramètres de la santé cardiovasculaire, notamment la dyslipidémie, le métabolisme du glucose et la réponse insulinémique (augmentation de la sensibilité à l'insuline) ; les bénéfices sur la perte de poids et de masse grasse étaient moins marqués (Hicks et al. 2011, Nash et al. 2012, Martin Ginis et al. 2012, Martin Ginis and Hicks 2007). Des bénéfices ont également été rapportés concernant l'intérêt d'une AP régulière sur l'amélioration de la condition physique : capacité aérobie (niveau de preuve élevé), de la force (niveau de preuve élevé) et augmentation de la masse maigre (Hicks et al. 2011, Martin Ginis et al. 2012). Les effets de l'AP sur la capacité fonctionnelle ont été peu étudiés. Des effets favorables pourraient être attendus du fait de l'amélioration de la condition physique générale et du développement des habiletés motrices inhérent à la pratique d'AP (Martin Ginis et al. 2012). Concernant le bien-être psychologique chez les personnes blessées médullaires, quelques études ont suggéré un impact favorable sur les indicateurs de santé mentale (indicateurs de symptômes dépressifs et de perception de soi), pouvant favoriser la participation sociale, mais le niveau de preuves est faible (Martin Ginis et al. 2010, Martin Ginis et al. 2012).

Chez l'enfant déficient, meilleur médiateur de développement physique et d'interactions sociales, elle favorise une croissance et un développement optimaux (Riner and Sellhorst 2013). Des bénéfices ont été mis en évidence chez les enfants atteints d'une déficience chronique sévère, mentale ou motrice compromettant le développement, débutant dans l'enfance mais ayant des répercussions tout au long de la vie (parmi lesquels : autisme, retards mentaux, trisomie, infirmité motrice cérébrale, spina bifida, etc.) (Bell and Davies 2010, Ells et al. 2006, Johnson 2009, Keawutan et al. 2014, Murphy and Carbone 2008, Philpott et al. 2010, Pitetti et al. 2013, Riner and Sellhorst 2013, Short and Frimberger 2012, Williams 2013). Parmi ces bénéfices, un meilleur développement de la condition physique et surtout de la capacité aérobie, mais également de la force et l'endurance musculaire, de la mobilité, du contrôle de l'équilibre ont été démontrés. La fonction motrice est améliorée : même si les méthodes de mesure de l'AP ou des capacités motrices sont variables entre les études, elles démontrent toujours une relation étroite entre le niveau d'AP et les capacités motrices. Des bénéfices sont également l'amélioration des dimensions psychologiques et notamment du sentiment d'auto-efficacité, une amélioration de la qualité de vie, et l'occasion de développer des habiletés sociales et des liens sociaux. La pratique régulière d'AP influence positivement l'impact psychosocial de la situation de l'enfant pour sa famille et lui-même. Elle favorise également des facteurs bénéfiques pour la prévention des facteurs de risque pour la santé pendant l'enfance et pour l'âge adulte. Les principaux bénéfices pour la santé sont la diminution du développement de l'obésité, l'amélioration de la condition physique générale et de la fonctionnalité.

Les personnes atteintes d'une déficience intellectuelle, de manière générale, ont de plus une plus faible condition physique, une alimentation moins équilibrée, de plus hauts taux d'obésité, et sont plus sédentaires. Ces conditions associées aux problèmes de développement et éventuels facteurs biologiques en lien avec leur syndrome, à un accès aux soins de santé, un style de vie et un environnement souvent défavorables, font qu'elles ont des risques majorés de développer un pathologie chronique (Heller et al. 2011, Hilgenkamp et al. 2012, Rimmer et al. 2007, Stanish et al. 2006, Temple et al. 2006). Les revues de la littérature disponibles montrent que l'AP apporte des bénéfices sur d'importants facteurs physiques, métaboliques et socio-psychologiques de la santé avec un niveau de preuve montrant son intérêt, même si les études doivent être poursuivies (Heller et al. 2011, Hilgenkamp et al. 2012, van Schrojenstein Lantman-de Valk et al. 2007, Shin 2012, Temple et al. 2006). Parmi ces bénéfices on peut noter une amélioration de la condition physique générale, une réduction du poids, une diminution des comportements mal- ou inadaptés, une augmentation des réponses adaptatives favorables, une meilleure attitude à l'égard de l'exercice, et une augmentation de la satisfaction de vie (Heller et al. 2011). La méta-analyse de

Shin (2012) a montré un effet bénéfique modéré de l'exercice sur la condition physique de personnes déficientes intellectuelles ($d=0,41$, $ES=0,75$). Les bénéfices sont notables sur la condition physique (VO_2max), la force, et l'équilibre et la prévention des chutes notamment, alors qu'ils sont légers sur la composition corporelle. L'âge apparaît comme un modérateur important des performances, et les bénéfices apparaissent plus importants avec l'avancée en âge. L'étude des dimensions psychologiques et de qualité de vie est plus difficile à conduire, les outils utilisés n'étant pas développés et validés pour ce public (Townsend-White et al. 2012). Cependant, il est tout de même mis en avant des bénéfices de l'AP.

La pratique régulière d'AP a également un impact notable sur les facteurs psychologiques : une perception de soi générale positivée (estime de soi, image de soi, satisfaction corporelle), l'amélioration du sentiment de compétence par rapport à la pratique physique (sentiment d'auto-efficacité) renforçant la confiance en soi, l'amélioration de la qualité de vie et du sentiment de bien-être (Foulon et al. 2012, Heller et al. 2011, Hicks et al. 2011, Martin Ginis et al. 2012, Mossberg et al. 2010, Philpott et al. 2010, Riner and Sellhorst 2013, Short et al. 2012). Elle semble avoir également des effets bénéfiques sur la fonction cognitive, et notamment en retardant le début du déclin des fonctions cérébrales dû à l'avancée en âge ce qui aura des conséquences particulièrement importantes pour les personnes dont le fonctionnement cérébral est altéré par la déficience ou pathologie comme par exemple les personnes vivant avec des séquelles de traumatisme crânien (Mossberg et al. 2010).

Plus généralement, par l'amélioration de l'indépendance physique et de la capacité fonctionnelle, de la confiance et la perception de soi, de ses capacités et de son efficacité, de la qualité de vie et du sentiment de bien-être, la pratique régulière d'AP a également un impact particulier mais non moins majeur dans la participation sociale et l'intégration des enfants, adultes ou personnes âgées LFA (Foulon et al. 2012, de Vries et al. 2012, Hicks et al. 2011, Martin Ginis et al. 2012, Riner and Sellhorst 2013). Des bénéfices ont été rapportés concernant la condition physique, la capacité aérobie, la force musculaire, les habiletés motrices et la composition corporelle, ce qui est le cas également dans la population ordinaire, mais s'avère avoir des enjeux particulièrement importants chez ce public du fait de sa plus grande susceptibilité à une altération marquée et précoce de sa capacité fonctionnelle et de son état de santé (Hicks et al. 2011, Johnson et al. 2009, Martin Ginis 2012, Riner and Sellhorst 2013, Philpott et al. 2010).

Ainsi, une pratique régulière d'AP apporte des bénéfices, sans détérioration des grandes fonctions ni aggravation de la déficience (Hicks et al. 2011, Philpott et al. 2010, Rimmer et al. 2012). Ces bénéfices ont été rapportés chez les adultes LFA (Buchholz et al. 2012, Cragg et al. 2012, Heller et al. 2011, Mossberg et al. 2010), les enfants-adolescents LFA (Bell et al. 2010, Johnson et al. 2009, Keawutan et al. 2014, Philpott et al. 2010, Rimmer and Rowland 2008, Riner and Sellhorst 2013, Short et al. 2012), les femmes LFA (Buchholz et al. 2012, Wisdom et al. 2010), ou encore les personnes avançant en âge avec une LFA et même celles en situation de grande fragilité (de Vries et al. 2012). Chez les enfants, les bénéfices sont marqués pendant l'enfance, mais favorisent également la baisse du risque de développer une pathologie chronique à l'âge adulte (Riner and Sellhorst 2013, Short et al. 2012). Même les personnes ayant déclaré une LFA sévère peuvent pratiquer une AP à condition qu'elle soit adaptée et individualisée et en tirer des bénéfices non négligeables (Jacobs et al. 2004).

Une activité physique adaptée

Promouvoir une pratique d'AP régulière demande de considérer attentivement à la fois les barrières spécifiques à la pratique et les considérations médicales indispensables du fait des caractéristiques et besoins propres à ce public. Pour autant, promouvoir une pratique régulière d'AP auprès des personnes LFA n'est pas évident. Les recommandations érigées pour la population générale ne sont pas nécessairement transférables aux personnes déclarant une limitation fonctionnelle ou d'activité. Elles peuvent être inappropriées ou parfois impossibles à mettre en œuvre, ou encore contre-indiquées. Les caractéristiques de chaque pathologie, les

dérégulations des réponses homéostatiques normalement bien intégrées de ce public, et notamment dans les réponses à l'exercice, imposent circonspection et haut niveau de compétence dans la mise en activité de ces personnes selon les circonstances et les déficiences ou pathologies concernées (haut niveau de formation des encadrants requis) (Martin Ginis and Hicks 2007). Outre la prise en compte des contre-indications particulières à la déficience et l'attention marquée aux réponses homéostatiques spécifiques indispensables, il convient également d'être vigilant à la surcharge musculaire ou articulaire locale éventuelle pour les personnes à mobilité réduite, engendrant risque de blessure ou altération qui pourrait compromettre l'investissement de la personne dans ses activités quotidiennes (Martin Ginis and Hicks 2007) notamment pour les personnes vieillissant avec une déficience (de Vries et al. 2012) ou utilisatrices d'un fauteuil roulant (Jacobs and Nash 2004). De fait, l'AP proposée doit être adaptée aux caractéristiques de la personne et aux contraintes de sa LFA, et même étroitement individualisée quand la nature et le degré de LFA le requièrent.

Sédentarité

Un style de vie sédentaire est facteur de multiples risques pour la santé et une situation compromettant la santé globale et le bien-être. Qui plus est, chez les personnes LFA, les effets délétères d'un style de vie sédentaire exacerbent la vulnérabilité dans laquelle se trouvent les personnes. Ainsi, l'inactivité physique et surtout les comportements sédentaires aggravent les conditions médicales dues à la déficience ou pathologie, favorisent le développement de symptômes secondaires associés, interfèrent négativement avec le développement et la croissance chez l'enfant déficient, et précipitent l'apparition des involutions habituellement observées progressivement avec l'avancée en âge entraînant un vieillissement prématuré et atypique.

Les personnes LFA ont un très faible niveau d'AP quotidienne et passent beaucoup plus de temps à des comportements sédentaires que les personnes sans limitation. Nous l'avons vu, les limitations fonctionnelles dues à la déficience ou pathologie primaire et aux éventuels symptômes secondaires associés, et les diverses barrières sociales, économiques et environnementales contribuent à maintenir les personnes LFA dans des situations de très bas niveau de dépense énergétique quotidienne, de hauts niveaux de sédentarité, avec un haut risque de déconditionnement physique. Elles cumulent par conséquent les facteurs de risque. Partant d'un niveau fonctionnel initialement bas et disposant d'une réserve fonctionnelle étroite, la capacité fonctionnelle des personnes LFA est rapidement insuffisante pour assumer les activités quotidiennes, dont l'accomplissement devient inconfortable puis impossible sans aide extérieure. Ceci contribue à abaisser encore le niveau d'activité de la personne. Rimmer parle de syndrome de déconditionnement par faible dépense énergétique associé à la déficience (*disability-associated low-energy expenditure deconditioning syndrome* (DALEEDS)), (Rimmer et al. 2012). Moins les personnes sont actives, plus elles risquent d'entrer dans un cercle vicieux de sédentarité et de déconditionnement qui entraîne une perte supplémentaire de capacité fonctionnelle et de capacité à accomplir une AP (Jacobs and Nash 2004, Rimmer et al. 2012). Ces facteurs sont particulièrement cruciaux chez les personnes à mobilité réduite.

Les facteurs de risque pour la santé augmentent de façon concomitante. Un style de vie sédentaire (alliant inactivité physique et sédentarité) est un facteur de risque de pathologies cardiovasculaires indépendant, comme il l'est chez les personnes sans limitation. Il favorise les modifications de composition corporelle : perte de masse maigre, forte augmentation de masse grasse. La perte de masse maigre comme l'augmentation de masse grasse vont retentir directement sur le métabolisme, occasionnant une perte de dépense énergétique, et d'importants désordres métaboliques. L'association des deux entraîne un pattern favorisant le développement d'un syndrome métabolique et de pathologies cardiovasculaires (Bauman et al. 2008, Nash et al. 2012). Chez les personnes à mobilité réduite, l'immobilisation et la paralysie accentuent la perte de masse maigre et le gain relatif de masse adipeuse. Les taux d'obésité observés chez les personnes LFA sont largement supérieurs à ceux de la population générale (CCDS 2004, Field

2007, Cragg 2012, Ells et al. 2006, Froehlich Grobe 2011, Pitetti et al. 2013, Rajan et al. 2008, Rimmer 2012, Short et al. 2012, Weaver et al. 2007, Weil et al. 2002, Wisdom et al. 2010). Parmi les désordres métaboliques associés, l'altération de la tolérance au glucose et l'augmentation de l'insulino-résistance et de l'hyperinsulinémie, les désordres des métabolismes glucidiques et lipidiques et des marqueurs d'inflammation (protéine C réactive) sont des facteurs athérogéniques reconnus. La conjugaison des changements de composition corporelle, troubles métaboliques associés et style de vie sédentaire contribuent de façon aiguë au développement de pathologies chroniques, aggravant ainsi les prédispositions parfois inhérentes à la déficience ou pathologie primaire (par exemples chez les blessés médullaires les dysfonctionnements du système nerveux autonome, le syndrome respiratoire restrictif, conditionnés par le niveau neurologique) (Bauman et al. 2008, Manns 2005, Myers et al. 2007, Nash et al. 2012, Rajan et al. 2008, Rimmer et al. 2007, Weaver et al. 2007, Weil et al. 2002).

Les personnes LFA cumulent ainsi les facteurs de risque associés à la sédentarité (ou aggravés par elle) : obésité, hypertension, hyperinsulinémie, désordres des métabolismes glucidique et lipidique (incluant insulino-résistance, bas niveau d'HDL, plus haute susceptibilité à l'inflammation vasculaire, et al.), ce qui accentue leur vulnérabilité. Cette conjonction des facteurs de risque explique qu'on observe une morbidité/mortalité par pathologies cardiovasculaires, des taux de diabète de type 2, d'hypertension, de dyslipidémie beaucoup plus élevée chez des personnes blessées médullaires (en faisant la première cause de mortalité), et deux à trois fois plus élevées chez les personnes vivant avec des séquelles de traumatisme crânien, par exemples (Field et al. 2007, Jacobs and Nash 2004, Mossberg et al. 2010, Myers et al. 2007). De plus, la sédentarité favorise l'apparition précoce des involutions habituellement progressivement observées avec l'avancée en âge chez les personnes LFA (et particulièrement les personnes à mobilité réduite), les exposant un vieillissement prématuré et atypique mettant en jeu leur survie (Field et al. 2007, Hilgenkamp et al. 2012, Jacobs and Nash 2004, Mossberg et al. 2010, Short et al. 2012).

Chez l'enfant LFA, il est reconnu qu'un style de vie sédentaire va altérer la croissance et le développement, même si peu d'études font le lien entre croissance ou développement et le temps passé à des comportements sédentaires, chez ce public et notamment chez les enfants à mobilité réduite (Bell and Davies 2010). Cependant, la sédentarité est un facteur de risque modifiable chez ce public comme dans la population générale (Rimmer et al. 2011). Peu d'études interventionnelles existent auprès de ce public et aucune étude analysant précisément la modification des comportements sédentaires n'a été identifiée.

3.3.12.4.3 Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité

Il reste aujourd'hui difficile de conclure de façon définitive sur les types d'exercices et les intensités les plus probants, malgré que les bénéfices de l'AP pour ce public soient reconnus (Rimmer et al. 2010, Hicks et al. 2011). De grandes lignes directrices peuvent néanmoins être données (Martin Ginis et al. 2007).

Les données disponibles confirment la nécessité d'une pratique régulière d'AP pour les personnes LFA comme pour la population générale.

Les repères d'AP recommandés pour la population générale sont valables de manière globale pour les personnes LFA (soit 30 minutes quotidiennes d'AP cardio-respiratoires d'intensité modérée, et des activités de renforcement musculaire, ces activités devant être réparties sur la semaine).

Cependant des adaptations doivent être faites selon la nature de la déficience ou pathologie, le degré de limitation fonctionnelle, les éventuels traitements, symptômes secondaires, et dérégulations homéostatiques associés. Les principales adaptations résident en fonction des ressources, besoins et attentes des personnes dans le choix des activités, l'adaptation du matériel, de l'environnement et des conditions de pratique, l'adaptation de la pédagogie adoptée, etc., mais aussi l'ajustement des repères d'intensité et de quantité d'activité. Ces repères d'AP recommandés pour les personnes LFA seront généralement inférieurs à ceux de la population générale, et ce

d'autant plus que le degré de limitation fonctionnelle dû à la déficience ou pathologie, aux symptômes secondaires ou aux éventuels traitements, ou l'état de déconditionnement associé, sont les plus marqués, ou encore pour les personnes vieillissant avec une LFA. De fait, plus les conséquences de la déficience ou pathologie et la perte de fonctionnalité sont importantes, plus un encadrement qualifié dans la prise en charge des publics LFA est nécessaire pour individualiser les pratiques.

La lutte contre les comportements sédentaire est également indispensable chez cette population LFA, particulièrement encline à la sédentarité. Ainsi, il est également recommandé pour les personnes LFA de limiter le temps total passé quotidiennement dans des activités sédentaires ainsi que les périodes prolongées passées immobile avec une dépense énergétique très faible.

Des activités d'intensité « légère » à « très légère » selon les critères donnés pour la population générale peuvent être mobilisées à cet effet, apportant des bénéfices non négligeables chez ce public compte tenu de son profil global plus inactif et sédentaire (Rimmer 2012).

Effets de l'activité physique et de la sédentarité pour les personnes LFA

- L'activité physique permet l'amélioration de la capacité fonctionnelle et de la condition physique, de l'estime et de la perception de soi, de la confiance en ses capacités. Ces facteurs permettent une plus grande autonomie dans la vie quotidienne, favorisant le sentiment de bien-être, la qualité de vie et la participation sociale.
- La pratique régulière d'une activité physique contribue à la prévention des pathologies chroniques. Elle intervient également dans la prévention du développement des symptômes secondaires associés à la déficience ou pathologie primaire, la douleur et les effets secondaires des traitements.
- Chez l'enfant LFA, elle est un facteur essentiel de croissance et de développement et l'occasion d'interactions sociales facilitées.
- Quelle que soit la sévérité de la LFA, une pratique régulière d'activité physique adaptée apporte des bénéfices et ce, sans risque de détérioration des grandes fonctions, ni d'aggravation de la déficience ou pathologie primaire.

Caractéristiques de l'activité physique et de la sédentarité

- Les recommandations pour la population générale sont globalement valables pour les personnes LFA.
- Les repères d'intensité et de durée sont souvent abaissés par rapport à ceux de la population générale pour répondre à la nature et au degré de limitation fonctionnelle demandant des adaptations spécifiques. Plus le degré de limitation fonctionnelle ou le déconditionnement physique sont marqués, plus une individualisation des pratiques est nécessaire.
- *Sédentarité* : la lutte contre la sédentarité est également indispensable chez ce public plus enclin aux comportements sédentaires. Compte tenu du profil globalement plus inactif et sédentaire de ce public par rapport à la population générale, des activités de beaucoup plus faibles intensités peuvent être mobilisées à cet effet.

Effet de l'activité physique et de la sédentarité sur les populations spécifiques

Chez les enfants et les adolescents, l'activité physique apparaît comme une composante essentielle de la santé. Quel que soit l'indice de masse corporelle (IMC), l'activité physique régulière a des effets favorables sur la condition physique, la composition corporelle et la santé osseuse. Elle est associée à une diminution des facteurs de risque cardio-vasculaire (hypertension, résistance à l'insuline, profil lipidique) et des risques de syndrome métabolique.

La sédentarité a des effets délétères sur les différents facteurs de santé (condition physique, composition corporelle et développement osseux).

Concernant la santé mentale, l'activité physique permettrait d'améliorer la confiance et l'estime de soi, de réduire l'anxiété, le stress et les risques de dépression.

L'activité physique peut également être considérée comme un facteur favorable pour la réussite scolaire.

L'activité physique pratiquée pendant l'enfance et l'adolescence pourrait avoir un effet favorable sur la santé à l'âge adulte.

Chez les femmes en période de grossesse, l'activité physique régulière améliore la condition physique, le retour veineux, et diminue les lombalgies et la prise de poids pendant la grossesse, quel que soit l'indice de masse corporelle (IMC).

La pratique d'activité physique n'augmente pas, et pourrait même diminuer le risque d'accouchement prématuré et de pré-éclampsie. L'activité physique semble présenter un intérêt pour réduire le risque de diabète gestationnel, si elle est débutée l'année précédant la grossesse ou en début de grossesse.

Concernant la santé mentale, la pratique régulière d'activité physique améliore le bien-être et la qualité de vie et diminue les symptômes dépressifs pendant la grossesse et en période de post-partum.

Chez les personnes âgées de plus de 65 ans, l'activité physique régulière et adaptée est associée à une diminution des risques de sarcopénie, une amélioration de l'équilibre et à une diminution du risque de chute.

L'activité physique régulière pourrait favoriser l'ostéogénèse, réduire le risque fracturaire et limiter le déclin cognitif.

La sédentarité pourrait favoriser la déminéralisation osseuse, accroître le risque de fractures ostéoporotiques et accélérer le déclin cognitif.

Chez les personnes LFA, la pratique régulière d'activité physique contribue à la prévention des pathologies chroniques, améliore la capacité fonctionnelle et la condition physique, l'estime, la perception de soi et la confiance en ses capacités. Ces facteurs permettent une plus grande autonomie dans la vie quotidienne, favorisant le sentiment de bien-être, la qualité de vie et la participation sociale.

Chez l'enfant LFA, elle est également un facteur essentiel de croissance et de développement et l'occasion d'interactions sociales facilitées.

Quelle que soit la sévérité de la LFA, la pratique régulière d'une activité physique adaptée apporte des bénéfices et ce, sans risque de détérioration des grandes fonctions, ni d'aggravation de la déficience ou pathologie primaire.

Conclusion

L'analyse de la littérature scientifique ainsi que les avis formulés par les grandes sociétés savantes médicales internationales permettent de conforter, avec un haut niveau de preuve, l'influence de la pratique régulière de l'activité physique sur la prévention de survenue de nombreuses maladies chroniques, de certains cancers (cancers du côlon, du sein, etc.), pathologies dont l'impact est considérable dans les pays industrialisés et émergents. Pour la plupart de ces pathologies, on peut observer un effet dose de l'activité physique, alors que la sédentarité joue un rôle inverse, favorisant leur survenue. La pratique régulière d'activité physique, même de faible intensité, contribue par ailleurs à limiter les principales manifestations cliniques du stress psychologique que sont l'anxiété et la dépression, contribuant ainsi au maintien de la santé mentale et de la qualité de vie des individus. Enfin, la pratique de l'activité physique a des effets favorables sur les capacités fonctionnelles, la composition corporelle et la santé mentale des enfants, des adolescents, des femmes en période de grossesse ou de post-partum, des personnes avançant en âge ou en situation de limitation fonctionnelle d'activité.

L'ensemble de ces constats fait de l'adoption d'un comportement de vie active au quotidien, par la pratique de l'activité physique et la réduction du temps de sédentarité, un facteur de première importance pour réduire l'incidence de pathologies chroniques, de certains cancers et améliorer la qualité de vie. Solliciter au plus tôt ce comportement actif chez les personnes avançant en âge contribue de manière très efficace à maintenir l'autonomie et réduire les états de fragilité – condition fondamentale du « mieux vieillir ».

3.4 Relations entre l'activité physique, la sédentarité et le sommeil

Dans cette partie, seront envisagées les relations et interactions entre sommeil, activité physique (AP) et facteurs de risque de pathologies chroniques. En effet, les perturbations du cycle circadien, ainsi que les ruptures et dettes de sommeil sont connues pour être à l'origine de nombreuses pathologies chroniques, parmi lesquelles les maladies métaboliques (Morikawa et al. 2007, Spiegel et al. 2009). Par ailleurs, l'AP constitue un régulateur du sommeil et un facteur de modération des effets du stress psychologique sur la santé. Le rôle protecteur de l'AP vis-à-vis de la survenue de pathologies chroniques (en particulier d'obésité et de diabète de type 2) pourrait donc résulter à la fois d'effets directs et indirects, via la régulation du sommeil et des effets du stress psychologique sur la santé. Ce sont ces interactions étroites entre AP, sommeil, rythmes circadiens, stress psychologique et pathologies chroniques qui justifient l'intégration du sommeil dans les propositions de recommandations.

3.4.1 Caractéristiques du sommeil de la population vivant en France

Le besoin de sommeil de chaque individu repose sur la sensation, au réveil, d'avoir bien dormi, d'être reposé et en pleine forme. Certains adultes, qualifiés de « petits dormeurs », auraient besoin d'un cycle de sommeil en moins, les « gros dormeurs » ayant besoin d'un cycle de sommeil en plus. Si le sommeil est naturellement prévu pour se dérouler la nuit entre 23 heures et 7 heures, 40 % des adultes sont programmés pour se coucher et se lever une à plusieurs heures plus tôt (20 %) ou plus tard (20 %).

Par ailleurs, le sommeil s'organise en cycles composés de sommeil lent et de sommeil paradoxal. L'évolution de la composition de ces cycles pendant le sommeil est un facteur important pour que les différentes fonctions du sommeil puissent s'accomplir.

3.4.1.1 Enfants et adolescents

Une revue systématique récente a répertorié les études s'étant intéressée à la réduction du temps de sommeil des enfants et des adolescents (Matricciani, Olds, et Petkov 2012). Cette publication a recensé les données de 20 pays, dont la France, pour plus de 690 000 enfants et adolescents âgés de 5 à 18 ans. Les résultats ont mis en avant une réduction de 0,75 minutes par nuit de sommeil par an. Cela représente une diminution du temps de sommeil de plus d'une heure par nuit sur la période de 1905 à 2008. La méta-analyse de Olds et al. (2010) a confirmé cette diminution de la durée de sommeil de 14 minutes les jours d'école à 7 minutes les jours sans école. En France, d'après les données de l'Institut National du Sommeil et de la Vigilance, les enfants perdent 10 minutes de sommeil par nuit par an entre 3 et 10 ans (INSV 2012a). L'écart le plus important entre le temps nécessaire et le temps effectif est observé entre 15 et 19 ans. Le déficit de sommeil est de 41 minutes chez les garçons et de 54 minutes chez les jeunes filles (Baromètre santé – INPES 2010) ; 30% des 15-19 ans présentent une dette de sommeil.

Chez les jeunes de 11 à 18 ans, les données recueillies font état d'une réduction du temps de sommeil quel que soit l'âge (Figure 32).

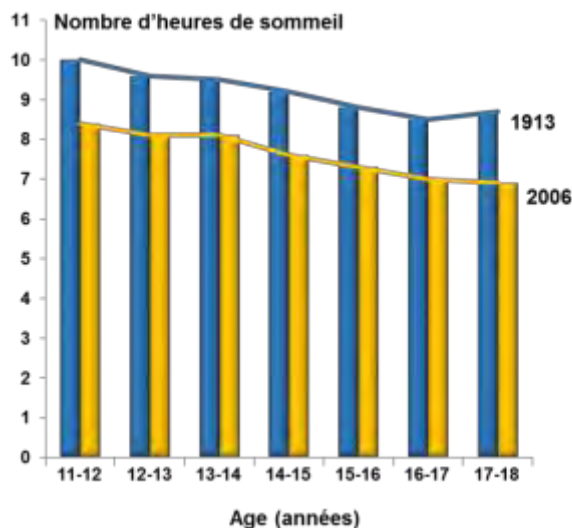


Figure 32. Réduction de la durée de sommeil de 1913 (bleu) à 2006 (jaune) en fonction de l'âge des enfants et des adolescents (National Sleep Foundation 2006, Terman and Hocking 1913).

La revue systématique de Matricciani, Olds et Petkov (2012) a mis en évidence des différences significatives en fonction de l'âge (-0,41 pour les enfants de 5 à 8 ans contre -0,91 min par nuit par an pour les adolescents de 16 à 18 ans).

La méta-analyse de Olds et al. (2010), à partir de données publiées entre 1975 et 2006 dans 23 pays sur des jeunes de 9 à 18 ans, a fait état d'une différence significative concernant la diminution de la durée de sommeil entre les filles et les garçons les jours d'école : les filles dorment 11 min de plus par nuit que les garçons. Les jours sans école, les filles dorment 29 minutes de plus que les garçons. Indépendamment du sexe, cette méta-analyse a mis en évidence une importante différence de durée du sommeil entre les jours avec et sans écoles : les adolescents dorment 25 min de plus les jours sans école que les jours avec. Ce delta augmente avec l'âge pour atteindre 86 min à l'âge de 18 ans.

L'adolescence, une période critique

Le sommeil de l'adolescent présente des caractéristiques particulières :

- un allègement du sommeil profond entraînant un retard de phase d'endormissement ;
- une diminution du sommeil lent profond au profit du sommeil lent léger, le sommeil paradoxal restant constant entre 10 et 20 ans.

A l'adolescence, la durée totale du sommeil décroît (Brand and Kirov 2011, Colrain and Baker 2011). Le Baromètre santé jeunes 2010 a fait état d'un déficit de sommeil important chez les jeunes de 15 à 19 ans avec près de 30 % d'entre eux en dette de sommeil (Inpes 2013). A 15 ans 25 % des adolescents dorment moins de sept heures par nuit (Baromètre santé 2010) bien que 9 h et plus de sommeil soient requises (Moore and Meltzer 2008). Chez les 15-19 ans, les adolescentes dorment en moyenne 7 h 43 pour une durée recommandée de 8 h 37 (32,8 % en dette de sommeil) et les adolescents présentent un temps moyen de sommeil de 7 h 31, pour 8 h 12 recommandées (27,8 % en dette de sommeil). Les adolescents ne dorment pas assez en semaine et récupèrent le week-end (7 h 45 vs 9 h 10).

Bien que les 15-19 ans soient les moins sensibles à des troubles du sommeil, 39,7 % d'entre eux déclarent être concernés par des troubles du sommeil dans les 8 jours ayant précédés l'enquête

(insomnie chronique, sensation de fatigue au réveil, somnolence diurne). La somnolence diurne et les troubles du sommeil, aigus ou chroniques sont très fréquents et associés à un fonctionnement physique et psychologique perturbé (Roberts et al. 2008).

Durées de sommeil recommandées

Pour les enfants français, l'INSV (INSV 2012b) recommande les durées de sommeil suivantes :

- maternelle (3-5 ans) : 11 à 13 h ;
- primaire (6-12 ans) : 9 à 11 h ;
- collège et Lycée (à partir de 12 ans) : de 8 h 30 à 9 h 30.

Les nouvelles recommandations de la National Sleep Fondation (NSF) ont été publiées en 2015 (Figure 33) et sont proches de celles de l'InVS pour les 3-5 ans (10 à 13 heures) et pour les enfants de 5 à 12 ans (entre 9 et 11 heures). La NSF émet également des recommandations pour les enfants en bas âge (1 à 3 ans) : entre 11 et 14 heures (Hirshkowitz et al., 2015).

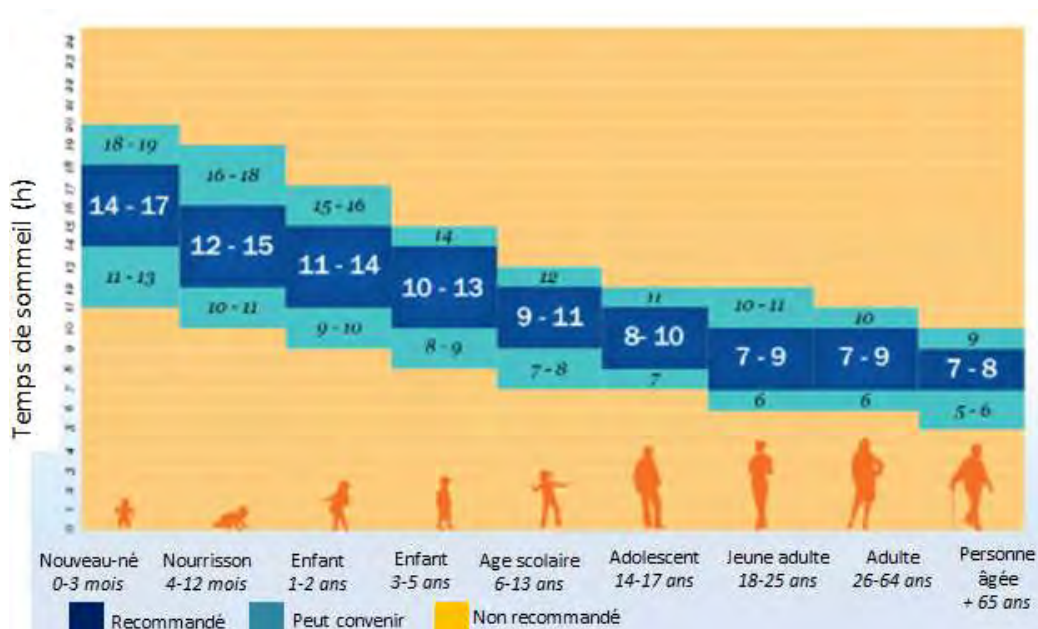


Figure 33. Recommandations de la National Sleep Fondation (NSF).

3.4.1.2 Adultes

Plusieurs études épidémiologiques récentes (INPES 2008, INSV-MGEN 2012c, GAZEL (Rod et al. 2011)) ont montré que le temps de sommeil total moyen des adultes français est de 7 h 20 (figure 34). Ce temps moyen est légèrement supérieur pour les femmes (Beck, Richard et Léger 2013) et très variable d'un sujet à l'autre : un quart de la population dort soit moins de 6 h 30, soit plus de 8 h par nuit. Le temps de sommeil moyen est systématiquement allongé pendant les week-ends et pendant les vacances, en moyenne d'environ 15 minutes.

Chez le jeune adulte, la durée totale de sommeil par 24 heures diminue jusqu'à environ 25 ans pour ensuite se stabiliser avec l'avancée en âge.

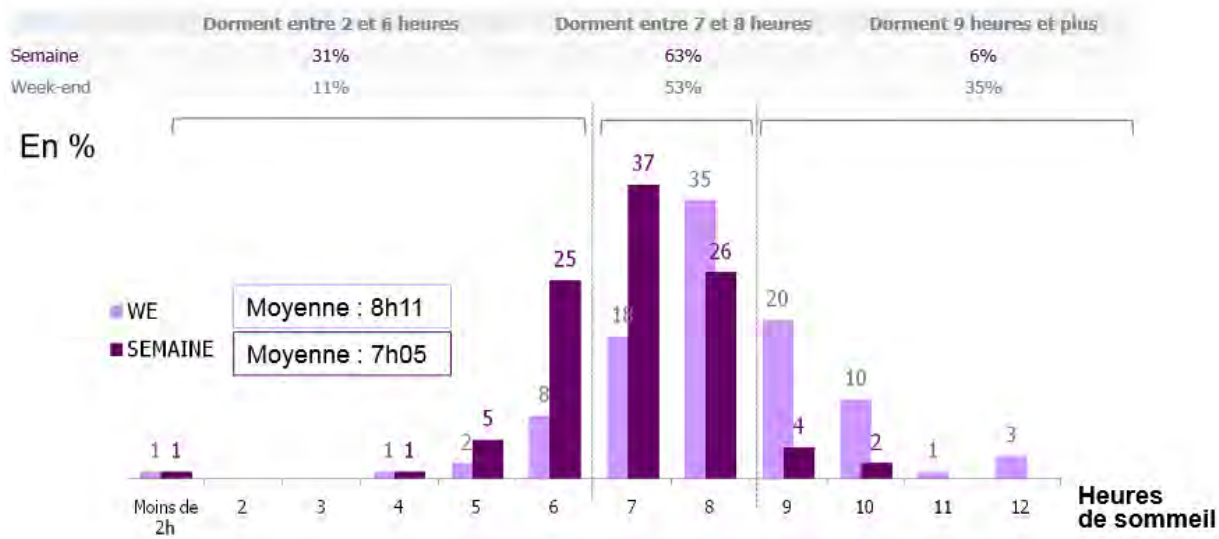


Figure 34. Durée moyenne du sommeil des adultes français (Enquête INSV 2012).

Les troubles du sommeil sont fréquents : en 2010, 30 à 50 % des adultes français ont déclaré un trouble du sommeil et plus de 15% des adultes français ont déclaré des symptômes suggérant une insomnie chronique (Classification selon le DSM-IV) (Baromètre santé 2010, Beck et al.2013). Chez ces insomniaques, la prise de produits pour aider à dormir atteint plus de 40% en moyenne ; elle augmente avec l'avancée en âge, avec des taux de plus de 60% après 45 ans.

Altérations du sommeil : causes et conséquences

Les altérations du sommeil peuvent non seulement s'expliquer par la présence d'une pathologie (par exemple, 19% de la population française souffre d'insomnie), mais surtout par l'irrespect des besoins individuels de sommeil. En effet, l'utilisation de la lumière artificielle a considérablement modifié l'environnement de nos horloges circadiennes et changé l'alternance nuit-sommeil/jour-éveil indispensable à l'équilibre physiologique et psychologique des êtres humains. Sous l'effet de nouvelles pressions sociales et de la vie professionnelle, du développement des nouvelles technologies (télévision, internet, jeux vidéo), les êtres humains se sont adaptés en réduisant considérablement leur temps de sommeil, ce dernier apparaissant comme une perte de temps. Cette réduction est évaluée à plus d'une heure et demie en moyenne au cours des cinquante dernières années (Ferrara and De Gennaro 2001). Aux Etats Unis, la durée moyenne de sommeil était de 8 à 9 heures en 1960 (Kripke et al. 1979), a chuté à 7 heures en 2005 (Mindell et al. 2009) et le pourcentage de l'adulte dormant moins de 6 heures a augmenté de plus de 30% entre 1985 et 2006, selon le National Center for Health statistics (Marshall et al. 2008). Des observations similaires ont été faites sur la même période au Japon (Imaki et al. 2002). Cependant en Europe (France, Angleterre, Pays-Bas, Pologne), il semblerait que la durée du sommeil au cours de la deuxième moitié du vingtième siècle se soit stabilisée (Bin et al. 2012). De nouvelles études sont nécessaires pour clarifier ce point.

Par ailleurs, Schmid et al. (2014) ont mis en avant une association entre la privation chronique de sommeil et l'augmentation de nombreuses pathologies liées au mode de vie (obésité, troubles cardiovasculaires, cancers, démences, dépression, etc.). Une revue a notamment examiné l'impact des troubles du sommeil sur l'obésité et conclu à une association entre les perturbations et privations de sommeil et le développement de l'adiposité, et sur les maladies chroniques qui pourraient en résulter directement ou indirectement (Hargens et al. 2013).

3.4.1.3 Femmes en période de grossesse

Les troubles du sommeil sont fréquents chez la femme en période de grossesse et apparaissent dès les premiers mois de gestation (Pien and Schwab 2004). Ils sont en grande partie dus aux modifications des taux sanguins de la progestérone et des œstrogènes dont les taux augmentent pendant la grossesse, culminant au terme des 9 mois de gestation et chutant brutalement après l'accouchement.

Trois phases se distinguent :

- au cours du premier trimestre, la femme en période de grossesse se plaint de somnolence et ses besoins quotidiens de sommeil augmentent d'au moins une demi-heure (Hedman et al. 2002). Les œstrogènes et la progestérone sont connues pour augmenter la somnolence et le sommeil lent (Terán-Pérez et al. 2012) et supprimer le sommeil paradoxal (SP). Toutefois, les plaintes concernant le sommeil nocturne augmentent ;
- lors du second trimestre, le phénomène s'accroît, le sommeil lent profond (SLP) augmente mais le sommeil nocturne se détériore et la fatigue diurne s'accroît ;
- pendant le dernier trimestre, la majorité des femmes en période de grossesse se plaignent de leur sommeil : moins de 2% ne présentent pas de trouble. L'architecture du sommeil nocturne est fragmentée avec une augmentation du sommeil lent léger et une diminution du SLP et du SP. En parallèle, le sommeil diurne augmente considérablement et la plupart des femmes en période de grossesse font des siestes longues à la fin de leur grossesse. En parallèle des modifications hormonales, les plaintes d'inconfort et de douleur augmentent considérablement.

3.4.1.4 Personnes âgées de plus de 65 ans

L'âge entraîne des modifications du rythme veille/sommeil circadien qui peuvent être assimilées à de véritables privations de sommeil. Les systèmes de régulation veille/sommeil (processus C et S, voir chapitre suivant) sont moins efficaces (van Coevorden et al. 1991) et le sommeil devient polyphasique (Weitzman et al. 1982). Ces altérations favorisent l'augmentation de la somnolence diurne et de fréquents réveils pendant la nuit (Brock 1991, van Someren et al. 2002). Les études épidémiologiques indiquent que 40 % à 70 % des plus de 65 ans souffrent de perturbations chroniques de sommeil (Buysse et al. 1991, Maggi et al. 1998, Vitiello 2009), alors que seulement environ 20 % ne rapporte aucune perturbation de sommeil (Foley et al. 1995, Maggi et al. 1998).

Ces perturbations du sommeil sont, en grande partie, responsables de la somnolence diurne des personnes âgées (Schmidt, Peigneux, et Cajochen 2012). On observe alors une augmentation des plaintes de sommeil et une plus large consommation d'hypnotiques. Cela représente environ 40% de toutes les prescriptions d'hypnotiques à 70 ans, 33 % étant des prescriptions à long terme (Chilcott and Shapiro 1996, Englert and Linden 1998, Fetveit 2009, Goldenberg 1991). Cette somnolence est considérée comme un problème de santé publique important : elle compromet la santé physique générale (Bixler et al. 1979, Foley et al. 1995, Jensen et al. 1998, Seppälä et al. 1997) et les fonctions cognitives, engendrant une diminution de la qualité de vie et des risques accrus de mortalité (Asplund 1999, Hasler et al. 2005, Ohayon et al. 1997).

Avec l'avancée en âge, l'envie de dormir survient plus tôt dans la soirée, le réveil matinal est plus précoce (Dijk et al. 2000) et les temps de sommeil nocturne sont un peu plus courts (Asplund 1999, Huang et al. 2002, Malatesta et al. 2007). Le nombre d'éveils augmente, entre 7 et 21 par nuit, ce qui représente une à plus de deux heures d'éveil, contre quelques minutes chez le sujet jeune (Carskadon 1990, Hayashi and Endo 1982, Prinz et al. 1983). Le ré-endormissement entre deux cycles est plus long, souvent retardé par l'anxiété et les facteurs extérieurs, notamment le bruit et la lumière (Garma et al. 1981, Webb et Campbell 1980).

D'autres études ont décrits que l'index d'efficacité du sommeil est abaissé et la latence de la première phase de sommeil paradoxal raccourcie (Weitzman et al. 1982). Cette perte d'efficacité du sommeil chez l'homme interviendrait dès la quatrième décennie avec une chute qui s'accroît fortement après 65 ans (Beck-Little and Weinrich 1998, Miles and Dement 1980). Par ailleurs, la

durée de certaines phases de sommeil se modifie, notamment le sommeil lent profond (sommeil réparateur) qui s'abrège (Flamer 1996, Vitiello 1997a). L'amplitude des ondes delta est fortement réduite, plus particulièrement chez les sédentaires. La durée du stade 1 est augmentée, cependant la durée du sommeil paradoxal reste stable.

Par ailleurs, les adultes âgés de plus de 65 ans souffrent généralement d'une ou plusieurs maladies chroniques associées susceptibles d'interrompre le sommeil et altérer sa qualité (Ragnar Asplund 2005, Avidan 2005, Foley et al. 2004): insomnie primaire, syndrome de jambe agitée, apnée du sommeil nocturne, problèmes cardio-vasculaires (hypertension, angine de poitrine et insuffisance cardiaque (Jensen et al. 1998, Newman et al. 1997)), perturbations de la fonction endocrinienne (van Cauter et al. 1998, Veldhuis et al. 1997), problèmes de santé mentale (Foley et al. 1995, Maggi et al. 1998, Metz and Bunnell 1990).

Conséquence de ces altérations du sommeil nocturne, la somnolence diurne est favorisée. La personne âgée est connue pour faire de nombreuses siestes et retrouver un rythme de sommeil polyphasique (Cajochen et al. 2006). De plus, l'EEG diurne des sujets âgés, par comparaison avec celui de sujets jeunes présente, pendant l'éveil relaxé, une activité de fond plus lente avec une augmentation de l'activité delta et une diminution de l'activité alpha (Prinz et al. 1990). D'une manière générale, le sujet passe beaucoup de temps avec un EEG qui ressemble à du stade 1 du sommeil, c'est-à-dire le sommeil de transition entre la veille et le sommeil.

Caractéristiques du sommeil de la population vivant en France

Les altérations du sommeil ont un coût sociétal :

- A tous les âges, la fatigue ou la somnolence associée aux troubles du sommeil constituent un problème majeur de santé publique.
- Les altérations du sommeil augmentent considérablement le risque d'accident et l'incidence de nombreuses pathologies chroniques (obésité, troubles cardiovasculaires, cancers, démences, dépression, etc.)
- Les altérations du sommeil diminuent la qualité de l'éveil, engendrant une fatigue et une somnolence accrue.
- Les altérations du sommeil s'expliquent non seulement par la présence d'une pathologie, mais surtout par l'irrespect des besoins individuels de sommeil.

Enfants

Avant 5 ans, la durée recommandée de sommeil est de 11 à 13 heures et de 9 à 11 h entre 6 et 12 ans.

Adolescents

- Les adolescents français dorment en moyenne 7 h 45, dont moins de 7 h par nuit en semaine, alors que 8,5 h à 9 h de sommeil sont recommandées.
- Dès 15 ans, 30 % des adolescents français sont en dette de sommeil et chez les 15-19 ans, les troubles du sommeil concernent presque 40 % des adolescents (insomnie chronique, sensation de fatigue au réveil, somnolence diurne).

Adultes

- La durée moyenne du sommeil des adultes français est de 7 h 20.
- Les troubles du sommeil sont fréquents chez l'adulte, par exemple, plus de 15 % des Français seraient touchés par une insomnie chronique ; la prise de produits pour dormir concernent entre 40 et 60 % de ces personnes, en fonction de l'âge.
- Ces troubles du sommeil se retrouvent également chez les personnes déclarant une limitation fonctionnelle d'activité (LFA), ainsi que chez la femme en période de grossesse. Chez cette dernière, au cours du dernier trimestre, la quasi-totalité (98 %) des femmes présentent des troubles du sommeil.

Personnes âgées de plus de 65 ans

- Chez les plus de 65 ans, 40 à 70 % souffrent de perturbations chroniques de sommeil, seuls 20% ne rapportent aucune perturbation de sommeil.
- Les plaintes de sommeil sont nombreuses et la consommation de produits pour dormir est également forte. Elle concerne environ 40 % de toutes les prescriptions d'hypnotiques chez les plus de 70 ans.

D'une façon générale,

- Au cours de la vie d'un individu, la durée de sommeil diminue progressivement jusqu'à environ 25 ans pour ensuite se stabiliser, même avec l'avancée en âge.
- A tout âge, les femmes dorment en moyenne davantage que les hommes.
- Le temps de sommeil moyen est systématiquement allongé pendant les week-ends et pendant les vacances.

3.4.2 Rythme veille-sommeil

3.4.2.1 Régulation du sommeil et de la veille

La propension au sommeil est régulée par deux grands mécanismes, l'un circadien (processus C) et l'autre homéostatique (processus S) :

- le *processus C* organise le temps de manière à ce que le sommeil se produise la nuit. Il est dépendant du fonctionnement des horloges internes et des « donneurs de temps » qui les influencent ;
- le *processus S* est un processus accumulatif qui a pour origine le réveil et dont l'évolution dépend de la durée de l'éveil et des différentes tâches qui se sont produites pendant cet éveil. Dès l'entrée dans le sommeil, ce processus est dégradé proportionnellement à la durée du sommeil.

Sur la base de ces deux mécanismes, Borbély (1982) a élaboré un modèle de prédiction de la quantité et la qualité du sommeil. Ce modèle a été ensuite complété par un seuil haut (H) s'ajoutant au seuil bas (L) (Daan et al.1984a) (Figure 35), et conforté par de nombreuses expérimentations (pour revue, Schwartz and Roth 2008).

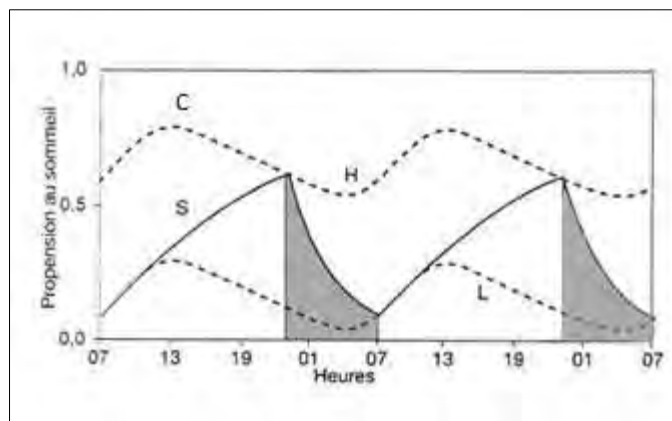


Figure 35. Modèle de régulation à 2 processus (adapté de Daan et al. 1984a).

Les zones grises indiquent les périodes de sommeil ; C : processus circadien dépendant ; H : seuil haut, seuil circadien de l'endormissement ; L : seuil bas, seuil circadien de l'éveil, S : processus sommeil dépendant.

Dans ce modèle, *le processus C* est le reflet de l'alternance circadienne du sommeil. Il est contrôlé par l'horloge interne à l'origine de l'organisation temporelle de la quasi-totalité des grandes fonctions qui permettent la vie (Moore-Ede 1982). Cette horloge située dans les noyaux suprachiasmatiques (NSC) de l'hypothalamus reçoit des afférences des cellules ganglionnaires de la rétine et envoie des efférences vers les noyaux de la zone périventriculaire de l'hypothalamus, noyaux responsables de nombreuses régulations végétatives (contrôle de la température centrale, régulation de la glande pinéale et de la mélatonine via la moelle épinière, prise alimentaire, cycles activité/repos, etc.). Ces noyaux communiquent avec les autres noyaux cérébraux et les organes périphériques par voie nerveuse et neurohormonale. La découverte du fonctionnement de l'horloge interne est récente (Qureshi and Mehler 2014). L'horloge circadienne possède un oscillateur moléculaire constitué de plusieurs gènes dont la période est d'environ 24 heures (King and Takahashi 2000).

Le deuxième facteur du modèle de Borbély est *le processus S*. Le marqueur physiologique de ce processus serait les ondes delta, c'est-à-dire le sommeil lent profond (Dijk 2009). Un facteur biologique, telle une hormone hypnogène qui s'accumulerait pendant l'éveil et serait dégradée pendant le sommeil, est recherché depuis les années 1980. Si de nombreuses molécules peuvent remplir ce rôle (Krueger and Johannsen 1989), celle qui semble jouer un rôle majeur est l'adénosine (McCarley 2007, Porkka-Heiskanen et al. 1997). Cette molécule est un neuromodulateur agissant au niveau des synapses neuronales. C'est un produit de la dégradation de l'adénosine triphosphate qui s'accumule lorsque les cellules nerveuses et gliales ont besoin d'énergie, c'est-à-dire lorsqu'elles sont intensément actives. Sa concentration dans le cerveau est plus élevée durant l'éveil que durant le sommeil et elle s'accumule durant un éveil prolongé. L'administration d'adénosine ou de ses agonistes provoque une augmentation de la somnolence et du sommeil (Radulovacki 2005). L'adénosine est la pierre angulaire des derniers modèles de la régulation humorale du sommeil, notamment dans le modèle intitulé « Krueger ATP-cytokine-adenosine model » (Clinton et al. 2011 Jewett and Krueger 2012, Krueger 2008a) (Figure 36). Ce modèle intègre également les cytokines telles que les interleukines 1 et 6 (IL-1 et IL-6) et le tumor necrosis factor- α (TNF α) qui sont aussi de puissants inducteurs de sommeil (Krueger et al. 1998). Il est intéressant de noter que ce modèle tient compte des dernières hypothèses relatant l'existence du sommeil dans de très petites populations de neurone alors que le reste du cerveau est éveillé (Krueger 2008a). Ainsi, le sommeil se produirait d'abord localement dans des régions ayant été très actives avant de se propager à l'ensemble du cerveau.

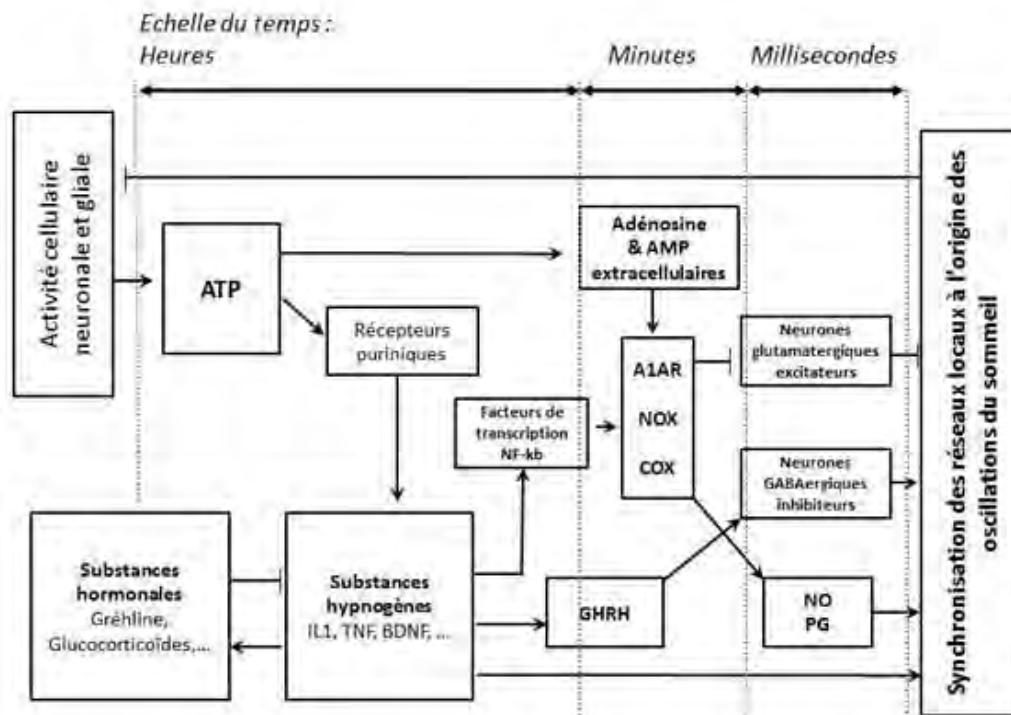


Figure 36. Modèle « ATP-cytokine-adénosine » de Krueger (adapté de Krueger 2008b).

Schématiquement : i) Pendant la journée, l'activité neuronale et gliale est associée à une libération d'ATP dans l'espace extracellulaire, ii) l'ATP est détectée par les récepteurs purine de type 2 ce qui va entraîner une libération de substances hypnogènes (iii) ces substances agissent sur l'excitabilité cellulaire et sur les récepteurs adénosine, en parallèle, l'ATP se dégrade en adénosine qui va directement agir sur les récepteur purine de type 1. Au final l'inhibition prédomine dans les réseaux neuronaux, ce qui favorise la synchronisation des cellules et l'émergence du sommeil.

Les modèles de la régulation des états de vigilance permettent de comprendre comment l'AP a un effet sur le sommeil. Il est bien connu que les concentrations des cytokines IL-1, IL-6 and TNF α augmentent pendant plusieurs heures après l'AP (Ostrowski et al. 2000, Petersen and Pedersen 2006) à des taux compatibles avec une promotion de la somnolence telle que prévue dans les modèles (Opp 2005, Vgontzas et al. 1999). Sur la figure 36, cet effet est tout à fait compatible avec un effet diachronique (c'est-à-dire retardé sur plusieurs heures) des cytokines sur le sommeil (Santos et al.2007), notamment sur le sommeil lent.

Une synthèse de la régulation circadienne et homéostatique des cycles veille-sommeil dans l'hypothalamus a été réalisée par Fuller, Gooley, et Saper (2006a) (Figure 37). Cette régulation s'effectue à différents niveaux à l'intérieur desquels l'impact de l'AP et de la prise alimentaire ont été schématisées. Il est possible de compléter ce modèle en indiquant que l'AP peut aussi avoir un effet *via* la mélatonine. En effet, chez l'homme, les taux sanguins ou salivaires de cette hormone, sont clairement modifiés par l'AP (Escames et al. 2012).

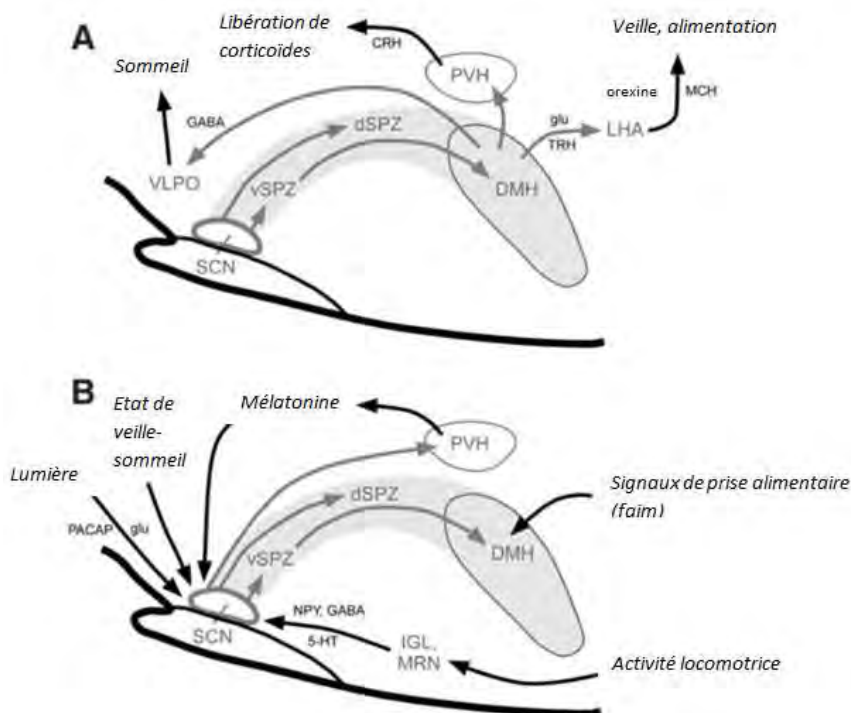


Figure 37. Régulation circadienne et homéostatique des cycles veille-sommeil (adapté de Fuller et al. 2006b).

En A, l'horloge interne (noyaux suprachiasmatiques (SCN)) envoie des projections indirectes via la région sousparaventriculaire (vSPZ) vers le noyau dorsomédian de l'hypothalamus (DMH) qui est indispensable à la régulation de l'éveil, du sommeil et de l'apport alimentaire. En B, à ce noyau dur en grisé, s'ajoutent toutes les possibilités d'intégration des « synchroniseurs » et autres influences de l'environnement permettant une régulation optimale de l'alternance veille-sommeil.

SPZ, région sousparaventriculaire ; 5-HT, 5-hydroxytryptamine (sérotonine) ; CRH, corticolibérine ; GABA, acide γ -aminobutyrique ; glu, glutamate ; DMH, noyau dorsomédian de l'hypothalamus ; dSPZ, région sousparaventriculaire dorsale ; IGL, feuillet intergénéral ; LHA, aire hypothalamique latérale ; MRN, noyau du raphé médian ; MCH, Hormone de mélanocortine ; NPY, neuropeptide Y ; PACAP, polypeptide pituitaire activateur de l'adénylate cyclase ; PVH, noyau hypothalamique paraventriculaire ; SCN : noyaux suprachiasmatiques ; TRH, hormone thyroïdienne ; VLPO, noyau préoptique périventriculaire ; vSPZ, région sousparaventriculaire ventrale.

En résumé, le modèle de Borbély permet de comprendre comment deux facteurs de la régulation de la vigilance, qui s'additionnent ou se soustraient en fonction des heures de la journée, peuvent moduler le niveau d'excitation des cellules cérébrales et ainsi modifier les états de vigilance. Le passage d'un de ces états à un autre se fait par des mécanismes de basculement, dit de « flip-flop ».

3.4.2.2 Modèle de flip-flop pour les changements de stade de vigilance

La figure 38 schématise le mécanisme de flip-flop et le basculement brutal soit du côté du sommeil, soit du côté de l'éveil : les neurones des noyaux préoptiques ventrolatéraux (VLPO) sont initiateurs de sommeil, leur destruction provoque insomnie et fragmentation du sommeil. Ils projettent massivement sur le noyaux tubero-mamillaires (TMN), sur le locus coeruleus (LC) et sur le raphé dorsal (Raphé) responsables de l'éveil.

Ces deux systèmes, situés à droite et à gauche de la balance, s'inhibent mutuellement. Dès que l'un des deux augmente sa « pression », la balance bascule rapidement de son côté. Les neurones à orexine de l'hypothalamus latéral ont un rôle essentiel car ils exercent une pression constante et stabilisatrice du système, leurs modulations circadiennes et homéostatiques s'appliquant sur les deux côtés de la balance pour accentuer les mouvements dans un sens ou dans l'autre et ainsi consolider le sommeil ou l'éveil (Saper et al.2001). Un mécanisme similaire est proposé pour le basculement sommeil lent – sommeil paradoxal (Saper et al. 2010). Ainsi, on constate que plus la « pression » s'exerce du côté du sommeil, plus les systèmes d'éveil et de prise alimentaire sont inhibés par une diminution de l'action de l'orexine. Dans ce schéma fonctionnel, les effets de l'AP augmentent, de manière diachronique, les signaux d'endormissement et font basculer le système du côté du sommeil.

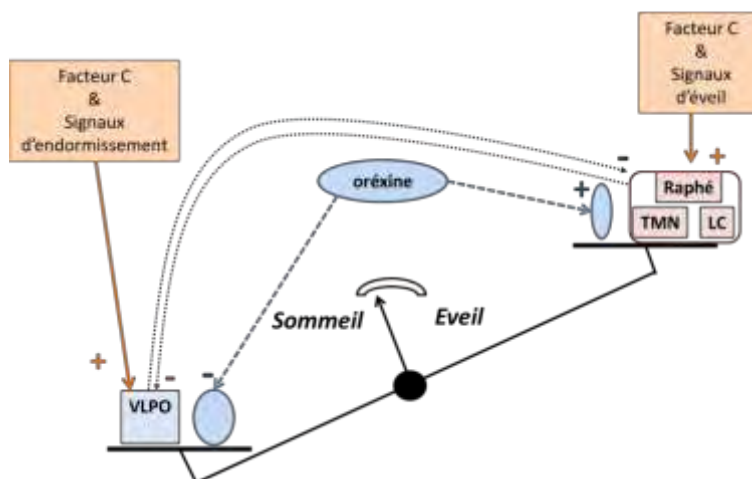


Figure 38. Modélisation d'un mécanisme de « flip-flop » au niveau de l'hypothalamus (adapté de Saper, Chou et Scammell 2001).

Les neurones des noyaux préoptiques ventrolatéraux (VLPO) qui font partie du système d'endormissement sont activés par la pression des facteurs S et C. En parallèle, ces neurones inhibent les noyaux tubero-mamillaires (TMN), le locus coeruleus (LC) et le raphé qui font partie du système d'éveil. Les signaux d'éveil, notamment ceux produits par le facteur C, permettent un basculement de la balance. Les neurones à orexine agissent de part et d'autre de la balance et évitent les basculements trop fréquents en modulant leur action éveillante.

Rythme veille-sommeil

La régulation du sommeil et de la veille

- Au niveau cérébral, les états de veille et de sommeil sont le fruit d'une organisation temporelle médiée par des fluctuations du niveau d'excitabilité cellulaire des régions qui pilotent les états de vigilance.
- L'éveil et les performances physiques et intellectuelles vont se produire quand les cellules seront facilement excitables. Inversement, si les cellules s'hyperpolarisent, c'est la somnolence et rapidement le sommeil qui s'installent.

Les stades de vigilance

- Le rythme veille-sommeil repose sur deux processus de régulation permettant une organisation temporelle circadienne suffisamment contrastée pour que, d'une part, le basculement dans les différents états de vigilance s'effectue et, d'autre part, pour que la durée de ces états de vigilance soit modulée en fonction des besoins de l'organisme.
- Les changements de stades de vigilance reposent sur un mécanisme dit de « flip-flop » qui bascule du côté du sommeil ou de l'éveil.
- La pratique d'une activité physique augmente les besoins de récupération, stimulant les nombreux mécanismes favorisant le sommeil.

3.4.3 Mécanismes d'action de l'activité physique sur le rythme veille-sommeil

La figure 39 schématise les liens étroits entre le rythme veille-sommeil et l'AP. Dans la partie gauche de la figure, l'horloge interne programme les plages horaires dévolues aux activités de l'organisme, en fonction de ses besoins, et pilote l'alternance veille-sommeil ; ce système étant en partie autorégulé par des boucles de rétroaction (Richardson 2005). La partie droite représente un individu effectuant une AP. En modifiant considérablement la physiologie de l'organisme, l'AP agit directement sur tous les mécanismes qui concourent au rythme veille-sommeil (flèches 1 à 4) (pour revue (Davenne 2009, Chennaoui et al. 2014)).

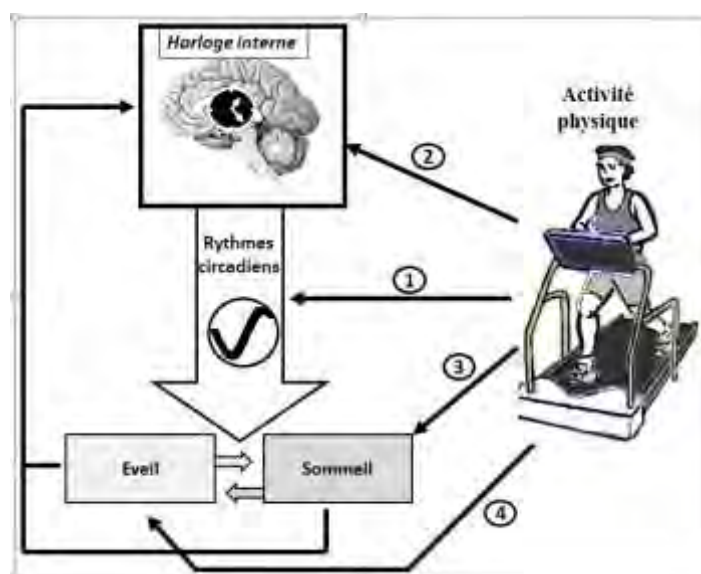


Figure 39. Représentations schématiques des interrelations entre la régulation des cycles veille-sommeil et l'activité physique (adapté de Davenne 2009).

3.4.3.1 Effet de l'activité physique sur les rythmes circadiens (flèche 1, figure 39)

Le rapport Inserm a mis en avant les effets de l'AP sur le rythme circadien, comparables à ceux d'une lumière de haute intensité, son intérêt dans la diminution des symptômes liés à la désynchronisation (décalage horaire, travail posté) et son effet sur l'amplitude des rythmes biologiques.

Il est aujourd'hui clairement établi que l'environnement lumineux, notamment l'alternance lumière-obscurité due à la rotation de la terre sur elle-même, est l'un des principaux donneurs de temps (*zeitgeber*) pour synchroniser l'horloge interne (Boivin et al. 1994). Ce rôle a également été

attribué à d'autres donneurs de temps, tels que les rythmes sociaux, l'heure des repas, les habitudes d'activités et de repos et, plus récemment, à l'AP. Ainsi, chez l'animal, des travaux ont montré qu'une augmentation de l'AP journalière pouvait être associée à des changements de la période, de la phase et de l'amplitude des rythmes circadiens (revue de Koteja et al. 2003, Mistlberger et al. 2003, Redlin and Mrosovsky 1997) ; l'AP renforçant le couplage existant entre de nombreux rythmes circadiens (Lax et al. 1998).

Chez l'homme, malgré l'absence de revue sur la question, un certain nombre de travaux ont été entrepris. Ces travaux ont permis l'émergence de deux approches différentes :

- la première porte sur les effets directs d'une pratique d'AP régulière, suffisante pour améliorer les réponses adaptatives à l'effort, sur l'amplitude et la synchronisation des rythmes circadiens. Il y a peu de travaux, mais les résultats sont concordants : l'amplitude des rythmes, notamment celui de la température, est augmentée par l'AP pratiquée régulièrement (G Atkinson et al. 1993a, Härmä, Ilmarinen, et Yletyinen 1982) et diminuée par une sédentarité forcée (Agarwal and Light 2010, G. Atkinson et al. 1993b, Vaz Fragoso et al. 2014). En outre, chez des sujets sédentaires ayant des rythmes circadiens aplatis et désynchronisés, une reprise progressive d'AP est systématiquement accompagnée, au bout de quelques mois, d'une augmentation de l'amplitude des rythmes de la température corporelle et de la vigilance (Figure 40) (Gruau et al. 2001, Gruau et al. 2002, Benoit Mauvieux et al. 2003).

Il faut cependant signaler que pour la plupart des études sur l'impact de l'AP sur les rythmes circadiens, il y a de nombreuses imprécisions sur les conditions environnementales, notamment la luminosité (intérieur ou extérieur, intensité, longueur d'onde) et sur le niveau d'entraînement physique initial des sujets évalués (Greg Atkinson et al. 2007) qu'il serait nécessaire de spécifier.

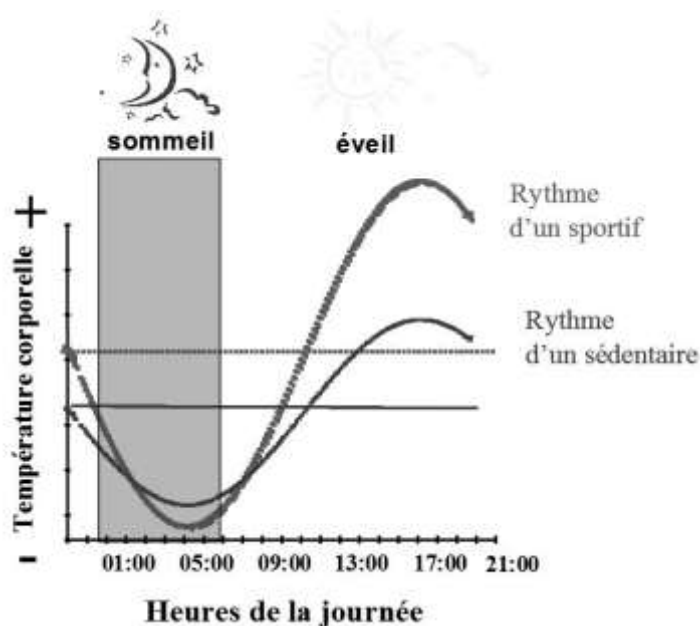


Figure 40. Représentation schématique des effets de l'activité physique sur le rythme circadien de la température centrale (Davenne 2005a).

- une seconde approche consiste à comparer les effets de l'AP à ceux de la lumière dans des situations de désynchronisation des rythmes (protocoles expérimentaux, décalage-horaire, travail posté). Chez l'homme, en conditions expérimentales, l'AP provoque un décalage de phase de l'horloge interne (Baehr et al. 2003, O M Buxton et al. 1997,

Waterhouse et al. 2000) et représente une aide efficace dans toutes les situations de désynchronisation (Barger et al. 2004, Eastman et al. 1995, Benoît Mauvieux et al. 2003, B Mauvieux et al. 2007, Miyazaki et al. 2001, Yamanaka et al. 2010). Les effets sont comparables à ceux d'une lumière intense et, dans certain cas, peuvent être potentialisés par l'association de l'AP et de la lumière (Nakao et al. 2004, Yamanaka et al. 2014).

En résumé, au même titre que la lumière, l'AP apparaît comme un facteur de synchronisation de la rythmicité circadienne.

3.4.3.2 Action directe de l'activité physique sur l'horloge interne (flèche 2, figure 39)

Bien que l'intérêt pour considérer l'AP comme un synchroniseur non lumineux de l'horloge interne s'accroisse considérablement (Escames et al. 2012), les mécanismes par lesquels l'AP influence directement le fonctionnement de l'horloge interne restent purement hypothétiques. Chez l'animal, il semblerait que les noyaux supra-chiasmiques (NSC) reçoivent des informations de l'état d'activité de l'organisme par l'intermédiaire soit de signaux en provenance des noyaux géniculés latéraux et réticulaires du thalamus (Redlin and Mrosovsky 1997). D'autres afférences aux NSC, notamment en provenance du raphé et du locus coeruleus, pourraient être prises en compte car l'AP modifie considérablement l'activité de ces noyaux mésencéphaliques (Strüder et Weicker 2001).

Chez l'homme, en plus de ces mécanismes, les effets de l'AP sur l'horloge interne pourraient passer par la mélatonine ; les taux plasmatiques nocturnes de cette dernière étant augmentés par la pratique physique (Knight et al. 2005). Cependant, d'autres possibilités doivent aussi être envisagées, et notamment toutes les entrées de l'horloge interne modifiées par l'adaptation à l'effort : température, afférences lumineuses, pression artérielle, radicaux libres, etc. (van Someren et al. 1997a).

3.4.3.3 Effets de l'activité physique sur le sommeil (flèche 3, figure 39)

Le rapport de l'INSERM a conclu que les effets de l'AP sur le sommeil pourrait être médiés par des effets indirects tels que l'augmentation de température (Horne and Moore 1985a), les effets antidépresseurs (Lopresti, Hood, et Drummond 2013) ou la réduction de l'anxiété (Passos et al. 2012) induits par l'AP. Ces arguments ont été repris et précisés dans une revue de la littérature récente (Chennaoui et al. 2014).

Dans le modèle de régulation du sommeil présenté précédemment (Borbély, 1982), l'AP diurne aurait pour effet d'augmenter le facteur homéostatique (facteur S) (figure 41). De nombreuses théories sur les fonctions du sommeil reposent sur ce postulat et notamment la théorie restauratrice, celle de la conservation d'énergie ou celle de la baisse du thermostat (pour revue Jim Horne 2002). Ainsi toutes les expérimentations mises en place pour tester ces théories ont utilisé l'exercice physique comme variable dépendante, car c'est le seul état capable de provoquer d'importantes dégradations des tissus, des diminutions conséquentes des stocks énergétiques ou une élévation notable de la température corporelle. Cependant, dans la majorité des études, particulièrement les anciennes telles que celles rassemblées dans la méta-analyse de Kubitz et al. (1996a), l'AP n'est pas ou mal quantifiée car les auteurs ne bénéficiaient pas des progrès récents dans le domaine (cf. 2.4.4), ce qui pose des problèmes en termes de reproductivité (Driver and Taylor 2000a).

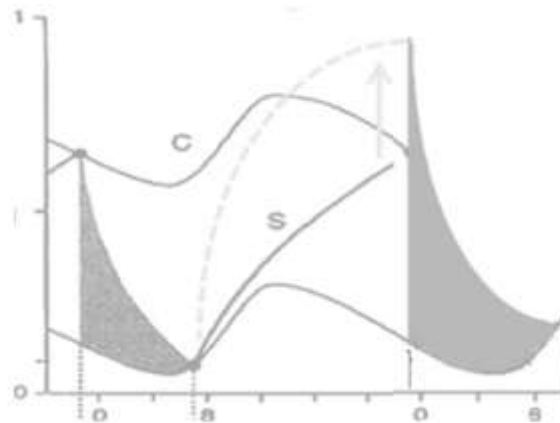


Figure 41. Modèle de Daan (Daan et al. 1984b).

L'activité physique provoque une élévation du facteur S (↗ et pointillés) et donc un besoin accru en sommeil au moment de l'endormissement.

Après de nombreuses controverses au cours des 30 dernières années, les effets d'un exercice ponctuel sur la qualité du sommeil restent discutés du fait du peu d'études sur le sujet. En revanche, il est aujourd'hui établi que la qualité du sommeil est considérablement améliorée par la pratique régulière d'AP (Kubitz et al. 1996a, Youngstedt 2005a). Les effets ont été rapportés quel que soit la tranche d'âge des sujets et sont visibles sur des populations ayant un sommeil altéré. Les sujets s'endorment plus rapidement, se réveillent moins souvent, ont moins de changement de stade de sommeil et des transitions plus régulières entre les différents cycles de sommeil. Une augmentation de la quantité (durée) de sommeil est aussi généralement constatée. De manière plus subjective, après la pratique d'AP, les personnes rapportent être plus en forme au réveil et pendant toute la journée, même les jours où elles ne pratiquent pas (pour revue, Chennaoui et al. 2014). Un effet « plafond » est cependant constaté, dû au fait qu'il serait difficile d'améliorer le sommeil de quelqu'un qui a déjà un bon sommeil.

Chez des sujets sédentaires, les études sont récentes et peu nombreuses. L'inactivité est présentée comme une des causes possibles de troubles du sommeil (Shechter and St-Onge 2014, Wong et al. 2013a). De plus, une autre étude (Madden et al. 2014) a montré que chez des sujets qui s'entraînent régulièrement plusieurs heures par semaine, le temps passé dans des activités entraînant une faible dépense énergétique (temps de sédentarité) en dehors des périodes de pratique physique, est corrélé à une mauvaise efficacité du sommeil évaluée par accéléromètre. Il y a peut-être là une explication aux différences observées entre les études de la littérature pour lesquelles ce paramètre n'est pas évalué.

En résumé, l'AP peut être utilisée pour améliorer la qualité et la quantité de sommeil. Inversement, le temps de sédentarité pourrait impacter négativement le sommeil et favoriser les troubles associés. D'autres études sont nécessaires pour vérifier cela.

3.4.3.4 Action directe de l'activité physique sur l'éveil (flèche 4, figure 39)

Les études ont rapporté qu'un exercice physique, réalisé de manière ponctuelle, a des répercussions positives sur les performances cognitives consécutives lorsque celles-ci sont évaluées rapidement après l'arrêt de l'exercice (pour revue, Chang et al. 2012a). Une grande part de ces effets pourrait être médiée par une stimulation de la vigilance (pour revue (Hillman et al.

2011) via les importantes modifications des taux plasmatiques des hormones du stress et de l'éveil (catécholamines, cortisol, etc.) observées pendant l'adaptation à l'effort (Hogervorst et al. 1996).

L'éveil serait en effet stimulé pendant plusieurs heures après la pratique d'AP, puis par un effet diachronique de la sérotonine ou de l'évolution du ratio sérotonine/dopamine, une envie de dormir (fatigue centrale) apparaîtrait pour obliger l'organisme à se reposer (Meeusen et al. 2006). Cette envie de dormir augmenterait surtout pendant la nuit. Ainsi, au cours d'une épreuve cycliste sur ergocycle, soutenue et continue de 24 heures, l'activité électroencéphalographique se ralentit progressivement sous l'effet de la fatigue accumulée mais les fluctuations circadiennes sont maintenues et les dégradations les plus importantes s'observent surtout pendant la nuit (Davenne and Lagarde 1995).

A l'inverse, si la pratique d'activité dure trop longtemps, si elle est trop élevée ou si elle est effectuée la nuit, ses effets éveillant sont contrecarrés par la fatigue et le besoin de repos qui produisent de la somnolence.

En résumé, lorsque la durée de pratique n'est pas trop longue, l'AP pratiquée pendant la journée améliore l'éveil consécutif.

3.4.3.5 Application en termes de santé : renverser un cercle vicieux pour le transformer en cercle vertueux

Malgré la complexité du système étudié, il apparaît clairement que la sédentarité et l'inactivité peuvent être associées à une diminution de l'amplitude des rythmes circadiens qui se traduit par une disparition du contraste jour/nuit (Atkinson et al. 1993b). Les conditions pour qu'un bon sommeil nocturne et un bon éveil diurne soient réalisés disparaissent. En parallèle, la pression homéostatique diminue, les besoins en sommeil et fonctions associées se font moins pressants. Par ailleurs, les sujets qui ont mal dormi sont peu enclins à être actifs. Il se produit alors un cercle vicieux qui renforce à la fois la sédentarisation et l'insomnie.

La pratique d'AP permet d'inverser ce cercle vicieux pour en faire un cercle vertueux (figure 42), justifiant le fait que la pratique d'AP soit recommandée pour améliorer la qualité du sommeil.

D'un point de vue thérapeutique, la pratique régulière d'AP est une alternative sanitaire et économique à la prescription de produits pharmacologiques à potentiel hypnotique.

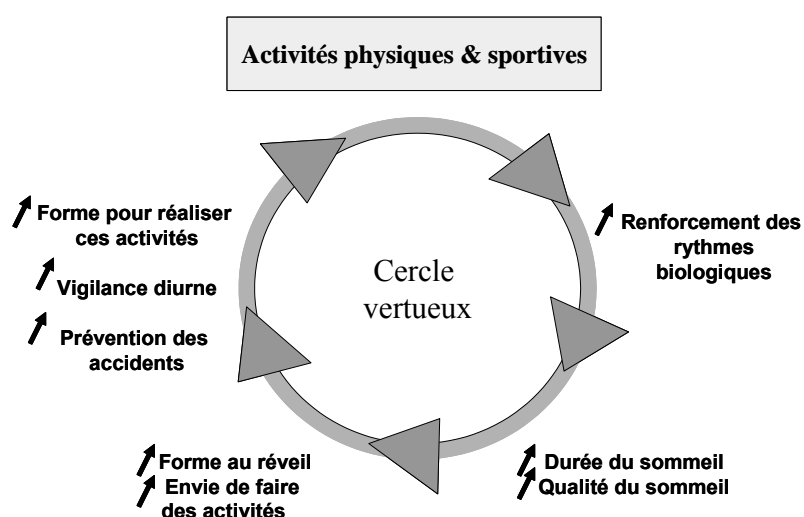


Figure 42. Amélioration de la qualité de la vie au travers d'un cercle vertueux, déclenché par la pratique régulière d'activité physique (adapté de Davenne 2005b).

Mécanismes d'action de l'activité physique sur le rythme veille-sommeil

- L'activité physique, au même titre que la lumière, apparaît comme un facteur de synchronisation de la rythmicité circadienne.
- L'amplitude et la synchronisation des rythmes circadiens comme la propension au sommeil sont dépendants du niveau d'activité physique et du niveau de sédentarité.
- Les effets de l'AP sur la rythmicité circadienne se traduisent par un éveil diurne de meilleure qualité et par un sommeil nocturne plus long et plus profond. Ces effets sont renforcés par un impact direct de l'activité physique sur les mécanismes de la régulation du sommeil : après l'activité physique, les besoins de récupération augmentent, stimulant l'ensemble des mécanismes favorisant le sommeil, notamment le sommeil lent profond.
- L'inactivité physique ou la sédentarité désynchroniserait la rythmicité circadienne, par exemple en réduisant la quantité et la qualité du sommeil et en appauvrissant la qualité de la vigilance.

3.4.4 Effet de l'activité physique sur le sommeil au cours de la vie**3.4.4.1 Enfant et adolescent**

Malgré le peu d'études s'étant intéressées aux relations entre AP et sommeil dans la population jeune, celles-ci ont montré de nombreuses divergences dans les résultats, pouvant s'expliquer par des différences de méthodes (enquêtes, études épidémiologiques, études expérimentales) et d'outils de mesure de l'AP (questionnaires, actimétrie). Cependant, l'effet synchronisateur de l'AP semble jouer un rôle dans l'amélioration de la durée et de la qualité du sommeil de l'enfant et de l'adolescent.

Chez l'enfant, une étude épidémiologique menée dans huit pays, sur des enfants de 5 à 9 ans, et rassemblant plus de 8500 données, n'a pas permis d'établir de relation significative entre le temps d'activité sportive (en club ou non) et la qualité du sommeil (Hense et al. 2011). A l'inverse, une relation significative a été établie entre une durée élevée d'AP (plus d'une heure dans la soirée) et un temps de sommeil court, une efficacité plus faible et une plus grande fragmentation du sommeil (Pesonen et al. 2011) ; la diminution de la qualité du sommeil engendrant un niveau d'AP plus important la journée suivante. De plus, 30 minutes d'AP d'intensité modérée à élevée en soirée entraînent un temps d'endormissement réduit.

Toutefois, la comparaison, chez l'enfant de 12 ans, d'un exercice réalisé à intensité modérée (30 minutes à 65-70 % de FC max) à un exercice d'intensité élevée (3 périodes de 10 minutes à 85-90% de FC max) a permis d'établir une augmentation significative de la quantité de sommeil à ondes lentes et une réduction du sommeil lent et léger (stade 2), une augmentation de l'efficacité du sommeil et une diminution de la latence d'endormissement (Dworak et al. 2008). Ces résultats démontrent qu'un exercice aérobie d'intensité élevée, réalisé 3 à 4 heures avant le coucher, aurait un impact positif sur le sommeil. Ainsi, l'AP d'intensité modérée à élevée pratiquée au moins 3 à 4 heures avant le coucher a des effets bénéfiques sur la durée et la qualité du sommeil de l'enfant.

Concernant la sédentarité, les études sont peu nombreuses mais la relation entre le temps devant la télévision et la durée du sommeil n'est pas significative chez les enfants de 7 ans (Nixon et al. 2008).

Des études complémentaires objectivant les paramètres de quantité et de qualité de sommeil (en particulier des essais contrôlés et randomisés) sont toutefois nécessaires pour déterminer l'impact de l'AP et de la sédentarité sur la qualité et la quantité de sommeil.

Chez l'adolescent de 13 à 18 ans, une étude taïwanaise (656 adolescents) a montré qu'un sommeil considéré dans l'étude comme adéquat (au moins 6 à 8 heures pendant plus de 4 jours d'école) est positivement et significativement associé à des comportements de santé : alimentation et AP (Chen et al. 2006). Inversement, un risque accru d'insomnie a été rapporté chez les adolescents qui ne pratiquent pas d'AP et s'alimentent mal (Liu et al. 2000).

Les patterns de sommeil mesurés par EEC d'adolescents âgés en moyenne de 18 ans considérés comme très actifs (8,5 heures par semaine) ont été comparés à ceux d'adolescents peu actifs (2 heures par semaine). Les résultats vont dans le sens d'une amélioration du *pattern* de sommeil des adolescents même non sportifs par l'AP régulière (Brand et al. 2010a). Ainsi, la participation à une course matinale de 30 minutes à intensité modérée (style cross-country) pendant 21 jours consécutifs à raison de 5 fois par semaine (jours d'école) a amélioré de façon significative la qualité et la quantité du sommeil (mesures objective : EEG et subjective : questionnaire) (Kalak et al. 2012).

Par ailleurs, un effet dose-réponse a été identifié : la comparaison de sujets très entraînés (14 à 17,5 h hebdomadaires) à des témoins (1,5 h à 4,5 h hebdomadaires) a mis en évidence une meilleure qualité de sommeil, avec une phase d'endormissement plus courte, plus de sommeil lent profond, moins de sommeil paradoxal et une amélioration de la qualité de la concentration dans la journée chez les plus actifs (Brand et al. 2010a, 2010b).

En conclusion, chez l'adolescent, les données de la littérature s'accordent sur un effet positif, avec un effet dose-réponse de l'AP sur la quantité et la qualité du sommeil.

3.4.4.2 Adultes

Les effets de l'AP sur le sommeil de l'adulte ont été décrits dans les paragraphes 3.4.3.2 et 3.4.3.3. Nous pouvons rappeler que l'AP agit à la fois sur la rythmicité circadienne en favorisant le sommeil nocturne et la vigilance diurne, et directement sur les mécanismes du sommeil.

Intérêt pour le patient souffrant d'un mauvais sommeil

Sans entrer dans le détail des différentes pathologies, plusieurs études ont montré que les patients souffrant d'insomnie pouvait avoir un meilleur sommeil quand ils pratiquaient régulièrement une activité physique (Merill 2007, Guilleminault, 1995, Passos 2010, Reid 2010). Dans une étude récente de bons résultats polysomnographiques ont été obtenus par une activité d'intensité modérée (3 fois 50 minutes par semaine pendant 6 mois (Passos et al. 2011). La latence du sommeil des patients était diminuée par deux et le temps d'éveil intra-sommeil d'un tiers environ, ce qui a nettement amélioré l'indice d'efficacité du sommeil.

Cas particulier de la ménopause

La ménopause provoque de nombreux symptômes parmi lesquels un mauvais sommeil, voire des insomnies. Les statistiques indiquent que les troubles du sommeil touchent 16 à 42 % des femmes lors de la préménopause, 39 à 47 % lors de la périménopause et 35 à 60 % lors de la postménopause ; ces troubles étant souvent associés à de la somnolence diurne et de la dépression. Les femmes ayant des troubles vasomoteurs, des bouffées de chaleurs et des suees nocturnes sont les plus à risque (Brown et al. 2009).

Plusieurs études épidémiologiques ont indiquées que l'AP pourrait améliorer le sommeil nocturne et la vigilance diurne des femmes ménopausées (Brown et al. 2009, Lambiase and Thurston 2013). Ces études ont été confirmées par des expérimentations récentes ayant montré que 6 mois à un an d'un entraînement aérobie (Mansikkamäki et al. 2012), associé à du stretching (Tworoger et al. 2003) ou du Qi gong (Yeh and Chang 2012), diminuait considérablement les bouffées de chaleur et améliorait le sommeil chez les femmes symptomatiques.

3.4.4.3 Personne âgée de plus de 65 ans

Chez la personne âgée, comme chez l'adulte jeune, les bienfaits de l'AP passent aussi par un effet direct sur l'horloge biologique interne (facteur C) et un effet homéostatique sur le sommeil (facteur S).

Le premier est l'effet direct de l'AP sur l'horloge biologique interne (van Someren et al. 1997a) comme schématisé par la figure 43. Il repose sur l'amélioration du contraste jour/nuit et donc de l'amplitude des rythmes par la pratique régulière d'AP. La somnolence diurne et les risques d'accidents sont alors diminués (Adam et al. 2006). Par exemple, plusieurs études récentes ont montré que la qualité de la vigilance pendant la journée peut être également nettement améliorée chez des sédentaires âgés de plus de 60 ans après seulement un trimestre de reprise d'une AP modérée et ludique, trois fois par semaine (Gruau et al. 2002). Cependant, les résultats ce type d'étude ont besoin d'être confirmés.

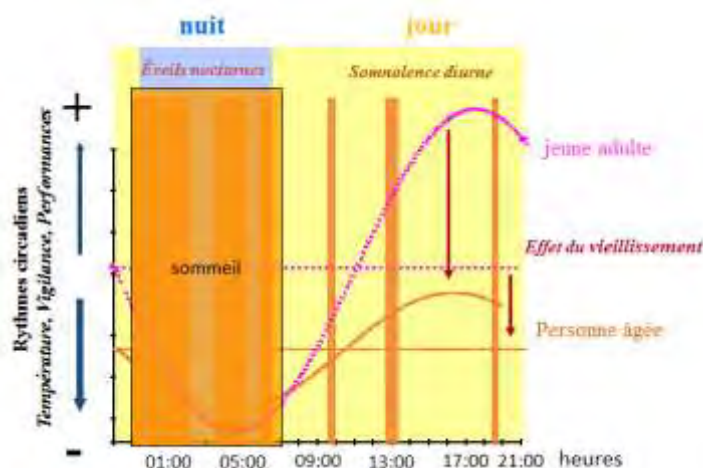


Figure 43. Effet du vieillissement sur les rythmes circadiens (d'après van Someren et al. 1997a).

Chez le sujet âgé, la diminution de l'amplitude des rythmes circadiens de la température pourrait être liée à la réduction progressive de l'intensité de l'AP (Hofman and Swaab 2006). Chez des sujets à la retraite ayant des rythmes circadiens aplatis et désynchronisés, une reprise progressive d'AP est systématiquement accompagnée, après quelques mois, d'une augmentation de l'amplitude des rythmes de la température corporelle et de la vigilance (Gruau et al. 2001, Gruau et al. 2002, Benoit Mauvieux et al. 2003) et, chez les plus de 70 ans, des rythmes activité/repos (van Someren et al. 1997a, Vitiello 1997a). En se référant de nouveau à l'étude de Vitiello (1997b), on observe que le groupe ayant pratiqué le programme d'endurance a augmenté l'amplitude du rythme de la température corporelle. Pour van Someren et al. (1997b), un programme d'entraînement de 1 h 30, trois fois par semaine, à 60 % de VO_2 max a montré une diminution de la fragmentation du sommeil et du rythme veille/sommeil.

Des débats sont actuellement en cours pour savoir si l'heure de la pratique et son intensité ont un rôle à jouer. Concernant le premier point, des résultats préliminaires indiquent que s'exercer physiquement l'après-midi serait beaucoup plus efficace sur le sommeil que le matin (Gruau 2002). Concernant l'impact de l'intensité, il semblerait que les niveaux d'AP nécessaires à la resynchronisation des rythmes soient beaucoup plus faibles (2 à 3 fois une heure en dessous de 50 % de FC de réserve) que pour l'amélioration d'autres paramètres physiques (prévention des risques cardiovasculaires, par exemple).

Concernant le rythme veille/sommeil, la pratique d'une activité renforce les effets positifs des interactions sociales. Chez l'homme âgé de plus de 60 ans, lorsque les interactions sociales sont augmentées, que le style de vie est régulier, la diminution des troubles du rythme veille/sommeil s'observe dans 33 % des cas (Monk et al. 2006, Okawa et al. 1991).

Il apparaît donc clairement au travers de la littérature que la pratique physique entraîne des modifications sur le sommeil ainsi que sur le rythme circadien veille/sommeil. Son action serait celle d'un donneur de temps capable de renforcer la synchronisation des rythmes circadiens. En effet, même si les travaux restent peu nombreux, la pratique d'une AP chez des personnes dont les rythmes étaient désynchronisés, a permis d'obtenir après quelques mois, une augmentation de l'amplitude du rythme de la température et de la vigilance (Gruau et al. 2002, Benoit Mauvieux et al. 2003).

L'effet homéostatique de l'AP sur la qualité ou la quantité de sommeil a été le plus étudié. Plusieurs études ont montré que les personnes âgées de plus de 60 ans pratiquant une AP régulière ont, par rapport aux sédentaires ou inactifs, moins de somnolence diurne (Hasan et al. 1988, O'Connor and Youngstedt 1995), une meilleure qualité de sommeil (Ceolim et Menna-Barreto 2000, Edinger et al. 1993, Naylor et al. 2000, O'Connor and Youngstedt 1995, Tworoger et al. 2003) et moins de problèmes de sommeil nocturne (Bazargan 1996, P. Montgomery and Dennis 2004, Sherrill et al. 1998, Tworoger et al. 2003). La composante anxiolytique, voir antidépresseur (S D Youngstedt et al. 2000) de l'AP a notamment été envisagée pour traiter les troubles de sommeil (Chen et al. 2009, Li et al. 2004, Sherrill et al. 1998, Ucock et al. 2009). En effet, suite à une AP, l'envie de dormir est augmentée sous l'effet diachronique de la sérotonine ou de l'augmentation du rapport sérotonine/dopamine, obligeant ainsi l'organisme à se reposer (Halson 2014). Globalement, les sujets pratiquant régulièrement se sentent plus fatigués le soir lorsqu'ils ont pratiqué une AP, à l'exception d'activités trop violentes ou trop tardives (Driver 1996, O'Connor and Youngstedt 1995).

En ce qui concerne l'effet exercé sur le sommeil, certaines études ont montré que seule l'AP à dominante aérobie influençait les stades de sommeil, c'est-à-dire un SLP et un SP plus long et un délai d'endormissement plus court (Driver and Taylor 2000b, Kubitz et al. 1996b, Trinder et al. 1988b). En comparant deux types de programmes sur des personnes âgées (entraînement aérobie d'intensité modéré contre exercices de stretching de faible intensité) pendant 6 mois, il a été montré que seul l'entraînement aérobie améliorait le SLP (King et al. 2008). Toutefois, même une AP de faible intensité et de courte durée, permet d'améliorer la qualité subjective du sommeil chez des sujets institutionnalisés (Benloucif et al. 2004, Naylor et al. 2000) ; d'autres études ont confirmé cette amélioration lors de pratique douce telle que le yoga et le Tai Chi (Chen et al. 2009, Li et al. 2004).

Ces effets de l'exercice sur le sommeil pourraient être utilisés pour améliorer le bien-être général, mais aussi s'insérer spécifiquement dans un schéma interventionnel en présence d'insomnies chroniques, de pathologies respiratoires du sommeil comme les apnées du sommeil ou le syndrome des jambes sans repos, et d'équilibre du sommeil chez le sujet âgé.

3.4.4.4 Personnes déclarant une limitation fonctionnelle d'activité (LFA)

Les troubles du sommeil sont fréquents chez les personnes ayant un handicap moteur ou des troubles psychiques (Stores, 1992) ; des insomnies chroniques pouvant être à l'origine de certaines affections, comme les troubles de l'humeur ou les troubles anxieux (Campos Costa et al. 2013, Malik et al. 2014).

Les personnes déclarant une limitation fonctionnelle ou d'activité due à leur état de santé ont un niveau d'AP plus faible que les personnes sans limitation. Dans ces conditions, à l'instar de ce qui se passe dans la population ne déclarant pas de limitation, l'augmentation de l'AP pourrait améliorer la qualité du sommeil nocturne et aider à retrouver une bonne rythmicité circadienne (Batal et al. 2011, Montgomery and Dennis 2004, Youngstedt 2005b).

3.4.4.5 Femmes en période de grossesse

Le sommeil de la femme en période de grossesse est altéré pendant au moins les 6 derniers mois de la grossesse. Etant données les effets délétères de la privation de sommeil sur la santé, il est important de chercher à préserver la quantité et la qualité du sommeil dans cette population. La prescription d'hypnotique n'est bien évidemment pas conseillée et le recours à l'AP comme traitement non pharmaceutique a été suggéré (Borodulin et al. 2009). Dans la seule enquête sur le sujet, portant sur 1 259 femmes en période de grossesse de Caroline du Nord aux Etats-Unis, il a été montré que les femmes actives avaient moins de troubles du sommeil que les inactives. Cependant cette relation mériterait d'être vérifiée par d'autres études.

Effet de l'activité physique sur le sommeil au cours de la vie

Enfant

- Chez l'enfant, les études sont contradictoires et des études complémentaires sont nécessaires avant de pouvoir conclure sur l'effet de l'AP sur le sommeil.
- Concernant la sédentarité, il ne semble pas exister de relation entre le temps de télévision et le temps de sommeil ; d'autres études sont également nécessaires.

Adolescent

- Chez l'adolescent, une AP régulière (30 minutes, 5 fois par semaine) améliore la qualité et la quantité de sommeil.
- Un sommeil de 8 à 10 heures est associé à des comportements favorables à la santé ; à l'inverse d'adolescents inactif et s'alimentant "mal", chez qui un risque accru d'insomnie a été rapporté.

Adulte

- Comme vu précédemment, l'AP régulière améliore la qualité du sommeil. Ce d'autant plus, que la personne est sujette à l'insomnie.
- Chez la femme ménopausée, une AP régulière permettrait de limiter les troubles liés à la ménopause, améliorerait le sommeil et la vigilance diurne
- Chez les personnes LFA, l'augmentation de la pratique d'AP pourrait améliorer la qualité du sommeil et la rythmicité circadienne.
- Chez les femmes en période de grossesse, la pratique d'AP pourrait améliorer la qualité du sommeil.

Personne âgée de plus de 65 ans

- Comme chez l'adulte, l'AP aurait une double action : sur l'horloge biologique interne, en augmentant et en resynchronisant les rythmes circadiens et une action homéostatique.

3.4.5 Risques liés à la privation de sommeil

3.4.5.1 Privation de sommeil et pratique d'activité physique

Comme nous l'avons vu précédemment, la privation de sommeil partielle ou totale est très fréquente chez l'individu sain. Dans certaines circonstances (stress, anxiété, travail posté, décalage horaire), l'AP peut nettement améliorer le sommeil et ainsi diminuer les effets de la privation de sommeil. En revanche, qu'en est-il de la tolérance à l'effort physique lorsque le pratiquant est privé de sommeil ?

Une étude d'intervention récente a montré que même un léger décalage dans les horaires de coucher, provoquant une réduction du sommeil, a des conséquences négatives sur la durée et la quantité d'AP pratiquée pendant la journée du lendemain (Shechter and St-Onge 2014). Une méta-analyse a montré que les performances neurocognitives se dégradent proportionnellement à la durée de la privation de sommeil (Pilcher and Huffcutt 1996) et seraient donc principalement dépendantes du processus S du modèle de régulation du sommeil. Cependant, certaines tâches présentent des fluctuations circadiennes qui se maintiennent même après plusieurs nuits blanches. Ces tâches seraient principalement dépendantes du processus C (Bougard and Davenne 2012). Dans les deux cas, la privation de sommeil déstabilise les ressources psychomotrices et cognitives sollicitées pendant l'AP, ce qui est susceptible d'entraîner des problèmes de coordination motrice pouvant conduire à un arrêt prématuré de l'AP ou à des blessures.

Les capacités d'adaptation à l'effort peuvent en effet être affectée par une privation partielle ou totale de sommeil (pour revue Reilly and Edwards 2007). Plusieurs études ont montré que la privation de sommeil induit un état de catabolisme important car les taux de testostérone (Dattilo et al. 2011), d'insuline (Martins et al. 2010), d'IGF-1 (Everson and Crowley 2004) et d'hormone de croissance (Spiegel et al. 1999a) sont diminués, alors que le cortisol (Dattilo et al. 2011) et la corticostérone (Nedeltcheva et al. 2009a) sont augmentés. Ce catabolisme a pour conséquence une atrophie musculaire ; cette atrophie pourrait être contrecarrée par un entraînement à base renforcement musculaire et d'exercice de résistance (Mônico-Neto et al. 2013). Ainsi, dans une étude récente (Dettoni et al. 2012), une privation partielle de sommeil de 5 jours a provoqué une augmentation significative de l'activité sympathique et des catécholamines et un dysfonctionnement de la dilatation veineuse dû à une inflammation de l'endothélium. Ces résultats confortent ceux d'autres études (Sauvet et al. 2012) et pourraient expliquer l'augmentation des risques cardiovasculaires avec la privation de sommeil, observé dans les études épidémiologiques (King et al. 2008).

Par ailleurs, les effets physiologiques de la privation de sommeil fluctuent en fonction de l'heure de la journée. De nombreuses études ont montré que les systèmes inflammatoires et immunitaires (Costa et al. 2010, Frey et al. 2007), endocriniens (Leproult et al. 1997a), musculaires (Souissi et al. 2008) et d'autres fonctions du système nerveux autonome telle que la régulation de la température centrale (Holmes et al. 2002, Vaara et al. 2009) étaient affectés différemment le soir par rapport au matin, même au cours de plusieurs jours consécutifs sans sommeil. Ces constats ont permis d'expliquer le fait que les effets de la privation de sommeil sur la dégradation des performances physiques sont plus significatifs le soir que le matin (Konishi et al. 2013).

Dans l'ensemble, ces résultats indiquent que la pratique d'une AP d'intensité élevée est déconseillée dans des situations de privation partielle ou totale de sommeil et ce, d'autant plus que les heures de la journée sont tardives.

Une alternative, souvent utilisée par les athlètes, est de recourir à la sieste. La sieste est une courte phase de sommeil (15 à 20 mn) prise au moment où la somnolence augmente en milieu de journée (dépression post-prandiale). Les effets bénéfiques de la sieste sur les capacités physiques et psychomotrices ne sont plus à démontrer (Brooks and Lack 2006) et fortement potentialisés si celle-ci est pratiquée régulièrement (Evans et al. 1977). Ces effets sont dépendant de la durée, de l'heure, de la durée d'éveil préalable et de facteurs individuels encore inconnus. Ainsi, lors de

privation de sommeil, le recours à la sieste avant une pratique physique prévue dans l'après-midi ou la soirée est fortement conseillée.

3.4.5.2 Activité physique, dette de sommeil et surpoids

La réduction de la durée du sommeil et l'augmentation exponentielle de la prévalence de l'obésité sont à l'origine de différents travaux ayant montré que la privation de sommeil pourrait être à l'origine d'une prise de poids pathologique. Toutefois, une récente revue de littérature sur le sujet (Guidolin and Gradisar 2012) a souligné que dans 50% des études ayant étudié le lien entre le sommeil et l'obésité, l'AP des sujets n'a pas été prise en compte. Ce facteur est pourtant susceptible d'intervenir directement sur la qualité du sommeil, donc sur l'intensité de la privation de sommeil, et sur la dépense énergétique susceptible d'être responsable des variations pondérales observées.

3.4.5.2.1 Relations entre sommeil et surpoids

Les premières données scientifiques associant la durée du sommeil et le surpoids sont apparues dès les années 1990 (Locard et al. 1992). Plusieurs études ont ensuite confirmé ce lien, mettant en évidence une forte corrélation inverse entre l'indice de masse corporelle (IMC) et la durée du sommeil. La durée du sommeil a également été associée au syndrome métabolique (Edwardson et al. 2012, van Cauter et al. 2008, Wu et al. 2012). Les études épidémiologiques ont observé une corrélation négative entre la durée du sommeil et la prise de poids. Les études expérimentales ont suggéré un possible mécanisme entre la réduction du sommeil et les changements hormonaux associés au stockage énergétique, en particulier les hormones de contrôle de la prise alimentaire.

Chez les enfants et les adolescents, plusieurs méta-analyse et revues de littérature ont montré qu'il existe un risque plus élevé de développer un surpoids, voire une obésité, chez les « petits dormeurs » (Cappuccio et al. 2008, Nielsen et al. 2011). Dès 10 ans, une relation a été établie entre une faible durée du sommeil et un IMC élevé (Gupta et al. 2002, Seegers et al. 2011). Chez l'enfant, une forte corrélation négative entre la durée du sommeil et des facteurs anthropométriques tels que le tour de taille a également été montrée (Chaput and Tremblay 2007, Figure 44). Le tour de taille étant un facteur de risque de pathologies chroniques tel que le diabète, considérer la qualité du sommeil dans la prévention de l'obésité pédiatrique semble nécessaire.

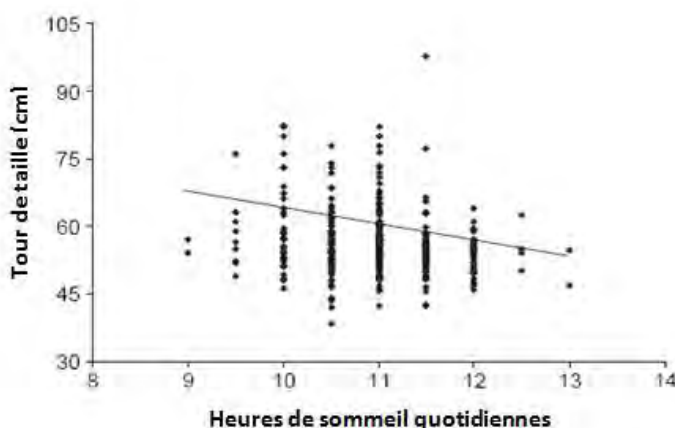


Figure 44. Relation entre la durée de sommeil et le tour de taille (adapté de Chaput et Tremblay 2007b).

Les résultats d'une récente étude de cohorte américaine prospective de 7 ans, réalisée chez des enfants âgés de 1 à 7 ans, ont confirmé la corrélation entre une durée de sommeil réduite et une masse grasse totale et centrale élevées (Taveras et al. 2014) ; une relation entre une faible durée du sommeil et des facteurs de risque métabolique (tour de taille, HDL-cholestérol (relation inverse), triglycérides et résistance à l'insuline (évalué par l'HOMA-IR)) élevés a également été rapportée (Cespedes et al. 2014). Chez l'adulte, une faible durée de sommeil constitue également un facteur de risque de développement de syndrome métabolique (Chaput et al. 2013).

Après ajustement aux comportements de sédentarité et d'AP, une relation dose-réponse entre la durée du sommeil et le niveau d'obésité a été observée : les enfants qui dorment moins de 8 heures présentent trois fois plus de risque de devenir obèse que ceux qui dorment au moins 10 heures par nuit (Sekine et al. 2002) ; la qualité du sommeil étant essentiellement évaluée par les perturbations et la durée du sommeil. Chez les enfants de 6 ans, le risque de surpoids ou d'obésité est 3,45 fois plus élevé pour les enfants qui dorment entre 8 et 10 heures comparativement à ceux qui dorment entre 12 et 13 heures (Chaput et al. 2010).

3.4.5.2.2 Activité physique, sommeil et prise de poids

Une étude australienne a permis de modéliser (échantillon de 3 500 données) un impact combiné de la durée du sommeil et du niveau d'AP sur le risque d'obésité de l'enfant de 5 à 15 ans (Shi et al. 2010; Figure 45).

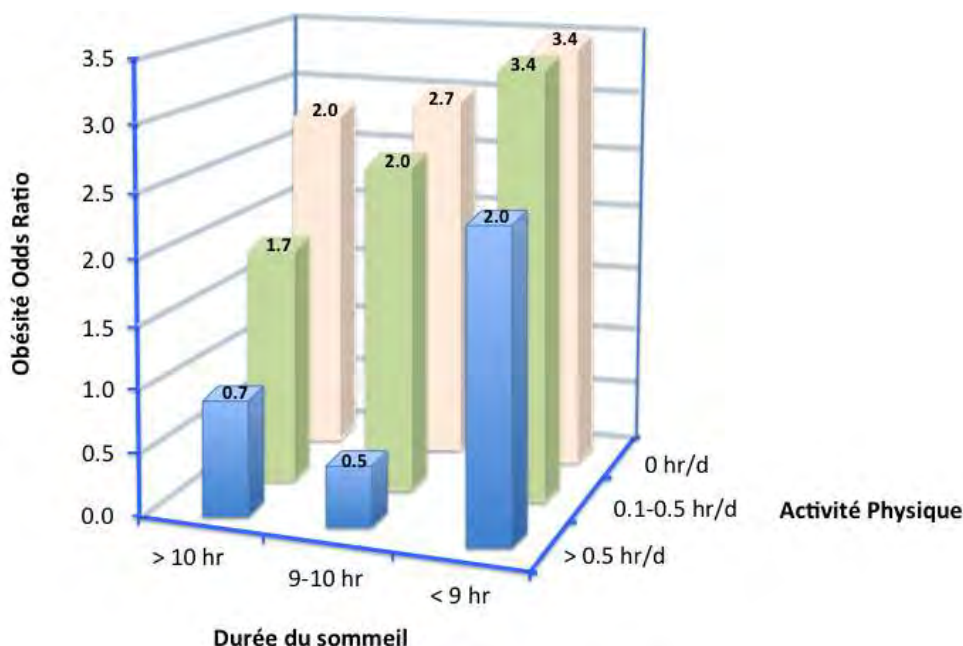


Figure 45. Relation entre durée du sommeil, niveau d'activité physique et risque d'obésité chez l'enfant et l'adolescent (Shi et al. 2010)

3.4.5.2.3 Mécanismes

Les résultats des études s'étant intéressées à l'influence de la durée du sommeil sur le bilan énergétique restent divergents : certains ont fait état d'une diminution de la dépense d'énergie (Benedict et al. 2011), d'autres d'une augmentation (Brondel et al. 2010) et enfin d'autres n'ont noté aucune modification (Calvin et al. 2013). Calvin et al. (2013) ont observé qu'une réduction du temps de sommeil pendant 8 jours et 8 nuits augmente la prise alimentaire calorique sans modification significative ni de la dépense énergétique, ni des concentrations de leptine et de ghréline. Ainsi, la balance énergétique devient positive et entraîne une prise de poids. Chez

l'adolescent, une étude récente a montré que, la privation de sommeil entraîne, à court terme, un léger déficit de la balance énergétique dû à une faible augmentation de la dépense énergétique sous l'effet d'une somnolence accrue et d'une réduction des apports énergétiques car la motivation pour manger est moindre (Klingenberg et al. 2012). Les mécanismes d'adaptation de la balance énergétique à la privation de sommeil ou à sa réduction chez les jeunes restent à éclaircir. La croissance et la maturation des enfants et des adolescents peuvent peut-être en partie expliquer les divergences de résultats.

Chez l'adulte, plusieurs études ont montré que les taux de leptine sont diminués et ceux de ghréline augmentés lorsque la durée du sommeil est réduite, permettant ainsi d'établir un lien de causalité entre ces observations (Spiegel et al. 2004, Taheri et al. 2004, van Cauter and Knutson 2008). Les études réalisées chez l'adulte ont suggéré que la restriction de la durée du sommeil peut affecter les concentrations hormonales qui régulent l'appétit et la prise alimentaire avec une augmentation des hormones orexigènes (ghréline, orexine) et une réduction des hormones anorexigènes (leptine) (Buxton et al. 2012, Schmid et al. 2008). Une augmentation de la sensation de faim et de la prise alimentaire a été observée avec la restriction du sommeil (Brondel et al. 2010, St-Onge et al. 2012). La relation entre une courte durée de sommeil et l'indice de masse corporelle (IMC) élevé pourrait alors être expliquée par une altération des régulations métaboliques, telles que la résistance à l'insuline, la diminution des taux de leptine, qui inhibe la sensation de faim et l'augmentation de ceux de la ghréline, qui stimule l'appétit. Au-delà des altérations des hormones métaboliques pouvant affecter l'appétit et les choix d'aliments, l'augmentation de la prise alimentaire peut également être engendrée par une augmentation des opportunités de s'alimenter pendant les pertes de sommeil (Chaput, Klingenberg, et Sjödin 2010a).

La perte de sommeil est aussi associée à une augmentation du cortisol (Leproult et al. 1997b, Spiegel et al. 1999b) et à une activation du système nerveux sympathique créant les conditions favorables à l'apparition d'une insulino-résistance et à la prise de poids. De plus, des perturbations de mécanismes déclencheurs du sommeil peut conduire à un dysfonctionnement des régulations des médiateurs pro-inflammatoires tels que $TNF\alpha$, IL-6 et CRP (Meier-Ewert et al. 2004, Vgontzas et al. 2004) aussi impliqués dans la prise de poids.

Chez l'enfant, peu d'études ont abordé cette question. Quelques travaux récents ont confirmé l'association entre les taux de leptine, de ghréline et d'adiponectine et le raccourcissement du temps de sommeil (van Cauter and Knutson 2008). Chez les jeunes de 6 à 20 ans, le métabolisme de base est inférieur chez les petits dormeurs après ajustement à l'âge et à la masse grasse chez le garçon. Chez la fille, le taux de leptine est plus élevé chez les petites dormeuses après normalisation en tenant compte du tour de taille (Hitze et al. 2009). De même, chez l'enfant obèse, une relation négative significative entre l'insulino-résistance et la durée du sommeil a été identifiée (Flint et al. 2007) ; l'excès et l'insuffisance de sommeil étant associés à un risque majeur de développement d'un diabète de type 2 (métabolisme du glucose dysfonctionnant, insulino-résistance augmentée) (Horne 2011, Koren et al. 2011).

Les publications les plus récentes (Calvin et al. 2013) n'ont pas confirmé la relation causale entre la durée du sommeil et les variations hormonales associées à la prise alimentaire et donc au surpoids. Certains auteurs avaient également suggéré que des processus cognitifs (neurones hypothalamiques orexigènes) impliqués dans la régulation de la récompense et de la motivation vis-à-vis de l'alimentation pouvaient être modifiés pour la réduction du sommeil (Nedeltcheva et al. 2009b). La prise en compte de l'intervention de facteurs homéostatiques et non homéostatiques (Figure 46) dans la compréhension de la relation entre durée du sommeil – balance énergétique et prise de poids est devenue incontournable. Cette hypothèse a été émise dans un article d'opinion et des revues de synthèses récents (Figure 47 ; Chaput 2014, Chaput and St-Onge 2014, St-Onge 2013).

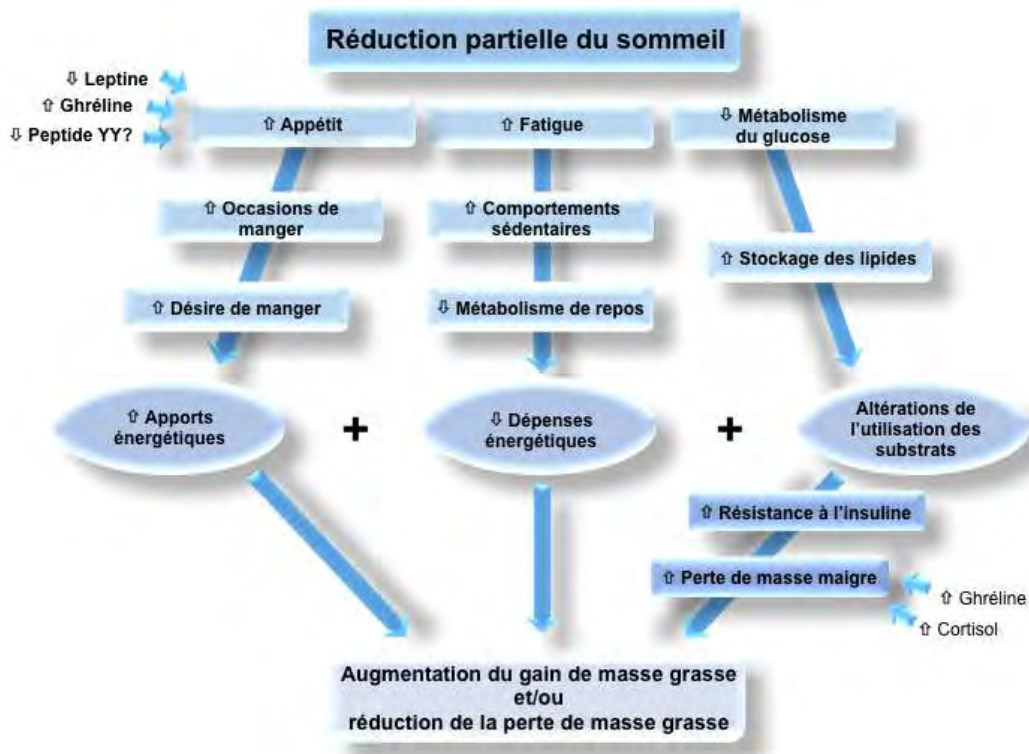


Figure 46. Mécanismes des effets de la réduction partielle du sommeil sur le contrôle de la masse grasse (Shlisky et al. 2012).

Il est également possible que l'altération de la qualité du sommeil (fragmentation, réduction spécifique de certains stades par un réveil précoce ou un endormissement tardif) et la réduction de la durée du sommeil (privation partielle ou totale de sommeil) n'ait pas les mêmes effets sur les régulations impliquées dans les processus de contrôle de la balance énergétique et la surcharge pondérale.

Des éléments tels que le statut pondéral des sujets, l'âge, la quantification de l'altération du sommeil, etc. constituent des variables confondantes qu'il faudra désormais intégrer dans les études à venir.

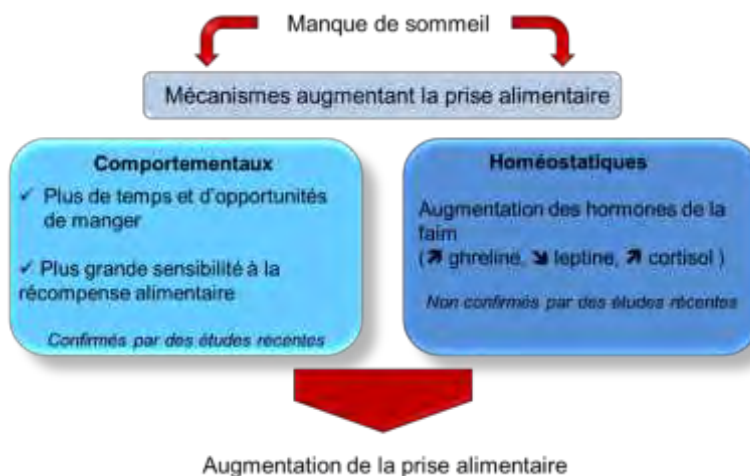


Figure 47. Schéma des mécanismes impliqués dans l'augmentation de la prise alimentaire suite à une réduction de la durée du sommeil d'après (Chaput and St-Onge 2014).

3.4.5.3 Activité physique, sommeil et risque cardiovasculaire : le rôle du système nerveux autonome

Une revue récente a présenté l'activité du système nerveux autonome comme un élément-clé des facteurs de risque cardiovasculaire. Le système nerveux autonome, dans sa partie efférente, se divise en trois composantes : le système nerveux entérique et deux systèmes aux fonctions antagonistes, le système nerveux orthosympathique et le système nerveux parasympathique. L'étude de Framingham a mis en avant que l'équilibre des systèmes parasympathiques et orthosympathiques permettrait d'éviter l'apparition de pathologies cardiovasculaires (hypertension, athérosclérose, infarctus du myocarde, insuffisance cardiaque, etc.). La fréquence cardiaque et sa variabilité permettent de rendre compte de l'activité globale du système nerveux autonome et de l'équilibre entre ses deux composantes principales ; le sommeil et l'AP influençant favorablement cet équilibre.

Ainsi, la pratique régulière d'AP et l'amélioration du sommeil permettra, à travers le renforcement de l'efficacité du système nerveux autonome, de prévenir les risques cardio-vasculaires. La stimulation parasympathique directe permet également de diminuer significativement les risques cardio-vasculaires, notamment le surpoids et la tension artérielle (Wustmann 2009). Inversement, un sommeil de mauvaise qualité et de courte durée, comme le manque d'AP, a été reconnu comme un facteur de risque cardiovasculaire. Il favorise également l'apparition d'autres facteurs de risque, tels que la prise de poids et le diabète (Martínez-Gómez et al. 2013) ; une relation significative inverse entre la durée du sommeil et l'indice de masse corporel a aussi été observée (cohorte de 3970 sujets) (Adamkova 2009).

Le sommeil modifie profondément l'activité du système nerveux autonome. Les enregistrements de la fréquence cardiaque ou de l'activité baroréflexe ont montré que pendant le sommeil lent profond, l'activité parasympathique est prédominante alors qu'un sommeil fragmenté, ne permettant pas d'atteindre le stade de sommeil lent profond, limite considérablement l'activité parasympathique nocturne (Horner 2000, Jurysta et al. 2003).

L'influence des pathologies respiratoires du sommeil sur la morbidité et la mortalité cardiovasculaire a été montrée (Marin et al. 2005). Ces pathologies pourraient constituer un des éléments principaux du vieillissement vasculaire. En effet, la dette de sommeil (chronique et prolongée), due à des apnées respiratoires du sommeil ou à de l'insomnie, augmente l'inflammation circulante (Wolk and Somers 2007, Meier-Ewert et al. 2004). Cette inflammation, liée à la diminution de l'activité parasympathique, pourrait entraîner un vieillissement vasculaire accéléré (Abboud 2010, Tracey 2002) ; l'inflammation est en effet responsable de dysfonctionnements endothéliaux, d'hypertension artérielle, de résistance à l'insuline et d'obésité abdominale (Wolk and Somers 2007).

L'augmentation de l'activité parasympathique, liée à l'AP ou à un sommeil de qualité, diminue la quantité de marqueurs de l'inflammation dans le sang chez l'Homme (Colbert et al. 2004) et chez l'animal (Cai et al. 2008, Borovikova et al. 2000). L'entraînement diminue la fréquence cardiaque et, en parallèle, augmente durablement l'activité parasympathique. Plus le sujet est entraîné, plus la bradycardie est importante. Ceci a été observé en analyse transversale (Kenney 1988) et longitudinale (Furlan et al. 1993) chez le sujet jeune et âgé (Pichot et al. 2002, Pichot et al. 2000, Pichot et al. 2005, Chalencon et al. 2012). L'AP, en réactivant l'activité parasympathique et de ses effets protecteurs, permet de réduire les facteurs de risque cardiovasculaire (Abboud 2010, Communal et al. 1998, Mancina et al. 1999, Mann et al. 1992).

Il a été observé qu'un exercice aigu proche du coucher est associé à une augmentation de l'activité sympathique, de la fréquence cardiaque et de la tension artérielle, qui en se prolongeant au-delà de la durée de l'exercice, retarde l'endormissement et fragmente le sommeil (Chouchou et al. 2013, Dauphinot et al. 2012) ; cet effet est dépendant de l'âge et du niveau d'entraînement. Chez des sujets jeunes, l'activité du système nerveux autonome n'est pas modifiée la nuit suivant l'AP (Myllymaki et al. 2012). Chez un sujet entraîné, dont l'activité parasympathique a été considérablement augmentée par l'entraînement (Sporndly-Nees et al. 2013), l'endormissement n'est également pas affecté par une pratique tardive. Ceci serait lié au fait que les sujets jeunes,

comme les sujets entraînés, présentent une réserve d'activité parasympathique plus grande que les sujets plus âgés. La pratique d'une AP régulière permettrait donc de limiter les perturbations du sommeil induites par une AP d'intensité élevée tardive.

L'exemple de l'apnée du sommeil

Les apnées du sommeil allègent le sommeil, diminuent l'activité parasympathique et provoquent une augmentation de l'activité orthosympathique. Plus l'apnée est sévère et plus l'accélération de la fréquence cardiaque est élevée (Sforza et al. 2005).

L'AP et la qualité du sommeil sont liées cliniquement. Dans un premier travail, les auteurs ont montré qu'elle était susceptible de réduire l'indice Apnées/Hypopnées (IAH) de 32 à 25 événements par heure avec 25% des patients considérés comme guéris (IAH < 20/h) en seulement 12 semaines de réentraînement (Kline et al. 2011). L'AP protège de la survenue des ronflements (Sporndly-Nees et al. 2013) et des premières apnées (Sengul et al. 2011) comme cela a été montré dans une cohorte de 4851 femmes âgées de plus de 20 ans suivies pendant 10 ans.

Risques liés à la privation de sommeil

Privation de sommeil et pratique d'activité physique

- La privation de sommeil diminue les capacités d'adaptation de l'organisme et augmente les risques de blessures.
- Les efforts physiques d'intensité élevée sont déconseillés en cas de privation partielle ou totale de sommeil, d'autant plus que les heures de la journée sont tardives.
- Le recours à la sieste avant une pratique physique prévue dans l'après-midi ou la soirée permet de limiter le déclin des capacités physiques et psychomotrices et donc de réduire le risque de blessure.

Activité physique, dette de sommeil et surpoids

- Quel que soit l'âge, la réduction de la qualité et de la quantité du sommeil peut être associée à une prise de poids favorisant le développement de l'obésité.
- L'activité physique a un effet positif sur le sommeil en agissant sur l'horloge biologique et sur les régulations métaboliques et hormonales.
- Les mécanismes complexes de régulation du sommeil et de prise alimentaire par l'activité physique suggèrent que 30 minutes à 45 minutes par jour sont suffisantes pour améliorer la qualité et la quantité du sommeil et prévenir la prise de poids.

Activité physique, sommeil et risque cardio-vasculaire

- L'équilibre des systèmes ortho et parasympathique composant le système nerveux autonome permet d'éviter l'apparition de pathologies cardiovasculaires.
- Une activité physique régulière et un sommeil de qualité permettraient de renforcer le système parasympathique et l'efficacité du système nerveux autonome et ainsi de prévenir les risques cardio-vasculaires.
- L'activité physique agit à la fois directement sur le système nerveux parasympathique et indirectement à travers son action sur les troubles du sommeil. La pratique permettrait notamment de réduire le risque d'apparition de l'apnée du sommeil et prévenir la diminution de l'activité parasympathique engendrée par ces troubles.

3.4.6 Caractéristiques de l'activité physique pour améliorer le sommeil

Les effets de l'activité physique sur le rythme veille-sommeil et le sommeil (cf. 3.4.3), sont dépendant des caractéristiques de l'AP (type, durée, fréquence) et de l'heure à laquelle elle est pratiquée. Le rapport de l'Inserm préconisait 3 à 4 séances par semaine pour obtenir une amélioration objective et subjective du sommeil.

3.4.6.1 Activité physique occasionnelle

L'AP occasionnelle a peu d'effet sur le sommeil : le temps total de sommeil est augmenté en moyenne de 10 minutes ; d'environ 2 minutes si la durée de l'exercice est inférieure à une heure. Les effets sur la durée des différents stades de sommeil sont également négligeables (plus 1,6 min pour le SLP, moins 11,6 minutes pour la latence d'apparition du SP et plus 6 minutes de quantité de SP). Par ailleurs, aucun effet n'a été constaté concernant la latence d'endormissement ou la durée des éveils nocturnes après le début du sommeil. Ces modifications sont obtenues même avec un faible niveau d'intensité (INSERM 2008). Ces effets sont toutefois dépendants du niveau d'entraînement et la plupart des résultats ont été obtenus en comparant le sommeil des mêmes sujets la nuit suivant une journée avec et sans effort physique. (Youngstedt 2003).

Pour des soucis de quantification de l'AP et de la dépense énergétique, les études les plus nombreuses ont porté sur des exercices prolongés d'intensité faible à modérée (Vuori et al. 1988). Dans une étude récente, le sommeil a été enregistré chez des sujets sédentaires après des exercices aérobies de 40 min à 45 %, 55 %, 65 %, ou 75 % du VO₂max : une légère augmentation du sommeil lent léger et une faible réduction du sommeil paradoxal aux intensités les plus élevées a été constatée (Wong et al. 2013). D'autres études sont nécessaires avant de pouvoir conclure quant à l'effet d'une pratique occasionnelle sur le sommeil et aux caractéristiques d'une AP occasionnelle pour favoriser le sommeil.

Les recommandations actuelles, encourageant une pratique d'une durée minimale d'une heure (INSERM 2008), se justifient par les faibles bénéfices sur le sommeil liés à une pratique d'une durée inférieure. Pour des exercices de durée supérieure à une heure, la macrostructure du sommeil est modifiée et le temps de sommeil augmenté : 11 minutes pour 1 à 2 heures, 15 minutes au-delà de 2 heures de pratique (INSERM 2008). De plus, la latence d'endormissement est raccourcie et la durée du temps de sommeil total allongée, par une augmentation de la durée du sommeil lent profond (Kubitz et al. 1996b). Enfin, la latence d'apparition du sommeil paradoxal est allongée et la fragmentation du sommeil est diminuée (Youngstedt 2005b, Youngstedt et al. 1997b).

Pour ces durées de pratique, la population étudiée n'est toutefois plus inactive, ce qui peut questionner sur les effets observés sur le sommeil. L'étude la plus marquante, publiée dans Science, a porté sur des marathoniens ayant couru pour la première fois 92 km (Shapiro et al. 1981). Cette étude a montré que le sommeil est considérablement modifié pendant les 3 nuits consécutives, avec une très forte augmentation du sommeil lent profond, notamment du stade 4 (ondes lentes) pendant la première nuit et du sommeil paradoxal pendant la seconde. Ces résultats indiqueraient que, même chez des sujets très entraînés, une AP inhabituelle a des effets sur le sommeil. Ainsi, il semblerait que pratiquer occasionnellement une AP n'ait un effet positif sur le sommeil consécutif que si la durée et l'intensité de cette activité sont proches des capacités maximales, c'est-à-dire lorsque l'effort est plus long et d'une intensité plus élevée que l'AP habituelle, quel que soit le niveau d'entraînement de l'individu (Driver and Taylor 2000b).

Par ailleurs, il est à noter que des travaux récents semblent indiquer qu'une AP ponctuelle et d'intensité élevée (75 % de la VMA pendant 90 minutes) pourrait avoir des effets négatifs sur le sommeil en retardant la récupération du système nerveux autonome (Myllymäki et al. 2012).

3.4.6.2 Activité physique régulière

L'entraînement physique régulier 2 à 3 fois par semaine à intensité modérée à élevée, semble avoir un effet positif sur le sommeil de l'adulte sain comme l'ont montré les enquêtes épidémiologiques et les études expérimentales (Driver et al. 1994, Hague et al. 2003, Horne et Moore 1985b, Horne and Porter 1975, Montgomery et al. 1988, Oda 2001a, Shapiro et al. 1975, Shapiro et al. 1981, Torsvall et al. 1984, Youngstedt et al. 2003). Dans l'ensemble, ces études ont conclu que les athlètes présentaient une durée de sommeil plus longue ainsi qu'une quantité SLP plus importante par rapport à des sujets non entraînés (Edinger et al. 1993, Montgomery et al. 1982). La grande diversité des approches utilisées a toutefois été mise en avant : activités physiques aérobies ou anaérobies, sujets inactifs ou entraînés, volumes et intensités très variables (Driver and Taylor 2000b, Youngstedt 2005b). L'Expertise collective Inserm a estimé que le manque d'évidence scientifique entre exercice et sommeil pourrait être lié au fait que les études ont souvent porté sur de bons dormeurs (2008). Or, un effet « plafond » a été évoqué (Youngstedt 2002, Youngstedt et al. 2003), reposant sur le fait qu'il est difficile d'améliorer le sommeil d'un sujet sain.

Les effets d'une AP régulière sur le sommeil ont essentiellement été montrés sur des populations présentant des troubles du sommeil (personnes âgées, dépressives, apnéiques, ayant le syndrome des jambes sans repos, etc.) (Hargens 2013). Dans des études contrôlées réalisées sur des insomniaques ou des dépressifs, le sommeil, généralement analysé de manière subjective par questionnaire, est amélioré par une AP physique régulière (INSERM 2008, Chang et al. 2012b). Singh et Losken (2012) ont montré qu'un entraînement en musculation, trois fois une heure par semaine, induisait une amélioration de la qualité subjective du sommeil et de la qualité de vie chez des sujets dépressifs. Il est intéressant de noter que la plupart des études récentes utilisent le plus souvent des AP de type pilates, yoga, Tai Chi ou Qi gong, pour lesquels la composante « bien-être » (conscience de soi, relaxation, stretching) fait appel plus à des ressources cognitives que bioénergétiques. Toutefois, pour être sûr que ces pratiques sont efficaces, des mesures objectives avec des enregistrements polysomnographiques du sommeil devront être faites.

En changeant la nature de l'exercice, un entraînement en puissance, c'est-à-dire à haute intensité réalisée l'après-midi chez des athlètes, n'affectait pas le sommeil (Montgomery et al. 1988). Comparativement à un entraînement de type endurance, les sujets entraînés en résistance ne semblaient pas avoir d'amélioration de leur sommeil (Trinder et al. 1988a).

3.4.6.3 Quand pratiquer ?

En termes de qualité du sommeil, c'est vers le milieu de l'après-midi, idéalement vers 18 heures pour un chronotype intermédiaire, que l'AP pratiquée est la plus efficace, avec un décalage pour les chronotypes du matin, qui pratiqueront plus tôt, et inversement pour les chronotypes du soir. Dans l'ensemble, les pratiques physiques réalisées entre 8 et 4 heures avant le coucher ont les effets les plus positifs sur le sommeil (Stepanski and Wyatt 2003). C'est en effet le moment de la journée auquel l'organisme est le plus efficace pour s'adapter à l'effort ; cet effort pourra ainsi être d'une intensité plus élevée avec des séquelles moins importantes (courbatures, douleurs articulaires, etc.) (Kelly and Pomp 2013).

L'AP pratiquée le soir a été longtemps déconseillée du fait de la forte production d'hormones « éveillantes » (catécholamine, cortisol, etc.) pendant l'adaptation à l'effort. Il semblerait effectivement que l'accès à un sommeil de qualité nécessite la baisse des taux sanguins de ces hormones, ce qui prend plusieurs heures après l'arrêt de l'effort (Shiro Oda and Shirakawa 2014). La dissipation de la chaleur produite pendant l'effort est aussi un facteur à prendre en considération car l'endormissement et la qualité du sommeil dépendent du niveau de température au moment de l'endormissement (Oda 2001b, Kräuchi 2007). Cependant, ce n'est que pour une intensité élevée (60 % de la fréquence cardiaque de réserve pendant plus de 40 min) que la latence du sommeil est nettement augmentée (Shiro Oda and Shirakawa 2014).

Ainsi, indépendamment de l'intensité de la pratique, du niveau d'AP et de sédentarité des sujets, une pratique physique réalisée moins de 4 heures avant le coucher augmente légèrement la latence d'endormissement, le temps de sommeil total et diminue les éveils nocturnes (Chennaoui et al. 2014). Après un effort d'intensité élevé, il sera recommandé de faire baisser la température du corps rapidement pour favoriser un endormissement rapide. Dans la littérature, il est conseillé d'avoir recours à l'eau tiède (douche, jacuzzi) (Rod et al. 2011, Robey et al. 2013). Chez les sportifs, il a été montré que 10 minutes de natation en piscine permettait, non seulement de faire baisser la température mais aussi était le moyen le plus efficace de récupérer d'un effort (Glasgow, Ferris and Bleakley 2014).

Ainsi, si « les effets les moins positifs se produisent après un exercice physique pratiqué à plus de 8 heures ou moins de 4 heures de l'heure du coucher », l'impact sur le sommeil reste moindre et ne permettrait en aucun cas de déconseiller une pratique vespérale, et particulièrement les activités physiques d'endurance (INSERM 2008, Chennaoui et al. 2014).

A intensité égale et en comparaison à une AP pratiquée l'après-midi, une AP matinale sollicitera davantage les systèmes musculaires et cardiovasculaires, ce qui présente un intérêt pour l'amélioration des capacités physiques. D'une manière générale, les exercices d'échauffement et d'éveil moteur devront durer plus longtemps avant les efforts réalisés le matin par rapport aux vespéraux. Enfin, ces efforts du matin ne devront pas être maximaux.

3.4.6.4 Intérêt de la pratique en extérieur

Au cours de l'année, la pratique en extérieur va dépendre des conditions atmosphériques et environnementales. Si certaines pratiques sont déconseillées en raisons des risques liés (pollution, forte chaleur, terrains glissants, etc.), la pratique physique en extérieur est tout particulièrement recommandée lorsque la luminosité est intense (par beau temps), notamment à l'automne pour profiter de l'effet conjugué de la lumière naturelle et de l'AP sur les rythmes circadiens et l'humeur (Leppämäki et al. 2004). Cet effet est notamment très efficace pour lutter contre les dépressions saisonnières (Groom and O'Connor 1996).

En conclusion, l'AP devra donc être pratiquée régulièrement et pendant la journée, si possible en extérieur pour s'exposer à la lumière du jour.

Caractéristiques de l'activité physique pour améliorer le sommeil

Pratique occasionnelle

- Lors d'une pratique occasionnelle, une AP d'une durée supérieure à 1 heure est nécessaire pour modifier la qualité et la quantité de sommeil.
- Quel que soit le niveau d'entraînement, une activité physique proche des capacités maximales du sujet semble nécessaire pour entraîner des modifications sur la qualité et la quantité de sommeil.

Pratique régulière

- Dans l'ensemble, les pratiquants réguliers ont un meilleur sommeil.
- Chez les personnes atteintes de troubles du sommeil, une AP régulière, pratiquée 2 à 3 fois par semaine à une intensité modérée à élevée améliorerait la qualité et la quantité du sommeil.
- En raison de la diversité des études, il est encore difficile de caractériser l'AP permettant d'améliorer le sommeil.

- Chez des sujets entraînés, il semble qu'une AP aérobie soit nécessaire, une AP en puissance n'entraînant pas de modification du sommeil.

Quand et où pratiquer ?

- Il est recommandé de pratiquer entre 4 et 8 h avant le coucher.
- L'AP pratiquée vers 18 h est la plus efficace pour affecter favorablement le sommeil. Cet horaire est à moduler en fonction du chronotype : plus tôt pour les individus « du matin » et plus tard pour ceux du soir.
- En raison de la production d'hormones dite "éveillantes" et de l'augmentation de la température corporelle pouvant retarder le sommeil, une AP trop élevée (plus de 60 % de FC réserve) pratiquée le soir est déconseillée. Il est alors possible de faire diminuer la température corporelle avec de l'eau tiède (avec une douche ou une immersion dans un bain ou une piscine).
- Pour profiter de l'effet de la lumière naturelle sur les rythmes circadiens, une pratique en extérieur est à favoriser.

Relations entre l'activité physique, la sédentarité et le sommeil

- Dès l'enfance, les français ne dorment pas assez. Dès l'adolescence, les troubles du sommeil sont fréquents ; ces troubles augmentent avec l'avancée en âge.
- Ces troubles du sommeil s'expliquent surtout par le non-respect des besoins individuels de sommeil.
- Les troubles du sommeil, la fatigue ou la somnolence associées sont reconnus comme un problème majeur de santé publique.
- De nombreux troubles métaboliques, cardiovasculaires et pathologies chroniques ont été mis en relation avec les perturbations du sommeil.

Quels que soient l'âge et le sexe, l'activité physique agit directement sur l'amplitude et la synchronisation de la rythmicité circadienne :

- La rythmicité circadienne, plus communément désignée sous le terme d'horloge biologique, est une base temporelle d'environ 24 heures, réglée par une horloge centrale. Elle permet la programmation des phases d'activité et de repos consécutives.
- L'activité physique agit directement sur le sommeil en augmentant sa quantité et sa qualité et améliore la qualité de l'éveil diurne.
- Inversement l'inactivité physique et un temps de sédentarité élevé réduiraient la quantité et la qualité du sommeil, et, comme les troubles du sommeil, appauvriraient la qualité de la vigilance.
- Ces effets ont été prouvés chez l'adulte, la femme ménopausée et la personne âgée de plus de 65 ans. Ces effets sont supposés chez l'enfant, l'adolescent et les personnes LFA.

En lien avec les connaissances actuelles sur le sommeil, il est recommandé de :

- Pratiquer une AP régulière : préférer une demi-heure sur 3 à 4 jours différents à 2 heures sur un seul jour suivi de plusieurs jours sans AP.
- Privilégier des activités physiques dynamiques (marche, course, nage, vélo, etc.) d'intensité modérée à élevée, en privilégiant la durée de l'exercice à son intensité.
- Choisir des AP en extérieur, exposant à la lumière du jour.
- Le sommeil est favorisé quel que soit l'horaire de la pratique, il convient cependant :
 - de préférer une pratique en milieu ou fin d'après-midi ;
 - d'éviter les AP après 20 heures, qui retardent l'endormissement.
- D'une manière générale, les exercices d'échauffement et d'éveil moteur avant une activité physique devront être plus long le matin que le soir. Enfin, ces efforts du matin ne devront pas être maximaux.
- En raison des risques plus élevés de blessures, il est recommandé d'éviter de pratiquer des efforts physiques d'intensité élevée en situation de privation totale ou partielle de sommeil.

Conclusion

Le sommeil occupe une grande partie de l'existence. C'est un besoin vital qui permet, entre autres, à l'organisme de se régénérer. Le besoin de sommeil dépend de nombreux facteurs intrinsèques et extrinsèques. Il est modifié par l'âge, le sexe et l'environnement. La compréhension des mécanismes cérébraux qui le déclenchent et le régulent permet d'envisager des modifications de sa qualité et de sa quantité par la pratique d'activité physique. En effet, plusieurs paramètres modifiés lors de la réponse adaptative à l'exercice sont aussi des éléments essentiels des facteurs circadiens et homéostatiques qui déclenchent et régulent le sommeil. Ces facteurs sont physiologiques (thermorégulation, système nerveux autonome, etc.), neuroendocriniens (mélatonine, cortisol, hormones de croissance, catécholamines, sérotonine, facteurs de régulation de la satiété, etc.), cellulaires (AMP, etc.), immuno-inflammatoire (TNF, IL, etc.). Tous vont dans le sens d'un basculement de l'état d'éveil à l'état de sommeil et au maintien de cet état. Les effets commencent à se faire sentir dès que l'individu pratique une activité physique inhabituelle et ces effets deviennent significatifs lorsque la pratique d'activité physique devient régulière.

3.5 Caractérisation des risques liés à la pratique d'activité physique

Les risques²⁰ qu'un engagement physique même modéré comporte doivent être examinés avec autant rigueur que les effets favorables immédiats et à long terme de l'activité physique (AP) sur les différentes dimensions de la santé. Une telle approche est nécessaire, non seulement dans l'optique d'évaluer objectivement la balance bénéfiques/risques de l'AP, mais aussi pour permettre aux professionnels de la santé et de l'AP de rester prudent en surveillant les effets délétères possibles d'une AP, afin de minimiser leur survenue et leurs conséquences.

3.5.1 Risques traumatiques liés à la pratique d'activité physique

Les bénéfices liés à la pratique d'une AP ne doivent pas faire oublier les risques de blessures musculo-squelettiques (BMS) ou d'accidents traumatiques (traumatismes aigus ou accidentels). Ces derniers constituent le principal risque lié à la pratique d'une AP. L'Expertise collective Inserm a conclu que la pratique d'une AP entraîne un risque de blessures, dont le type et la gravité varient notamment en fonction de l'activité pratiquée, de l'âge et des conditions physiques (Inserm 2008). Certaines blessures, qu'il s'agisse de lésions aiguës ou chroniques, dites de surmenage, peuvent nécessiter une consultation et une prise en charge médicale, une modification ou un arrêt de la pratique, voire du travail. Les blessures subies au cours des AP de loisirs constituent un problème de santé publique lié au coût de la prise en charge médicale et à l'interruption des activités. Les blessures entraînent souvent une limitation des activités quotidiennes, physiques et professionnelles. Parmi les blessés ayant affirmé être limités dans leurs activités, la durée moyenne d'arrêt était d'un peu plus de 4 semaines et la limitation moyenne des activités quotidiennes de 2 semaines. Plus on avançait en âge, plus cette limitation prenait de l'ampleur, passant du simple au double pour les groupes d'âges supérieurs. (INSP Québec 2012).

Des études récentes ont confirmé que les BMS induites par la pratique, peuvent affecter les tendons, les ligaments ou les muscles et, plus rarement, entraîner des fractures de fatigue (Hansen et al. 2012, van Gent et al. 2007). Ces BMS sont soit liées à la sur-sollicitation et au surmenage des membres inférieurs, entraînant une interruption de l'AP pendant une période donnée (van Gent et al. 2007), soit liées à un traumatisme aigu, le plus souvent à la suite d'une chute.

Dans une première partie, nous recenserons et analyserons la prévalence et la nature des risques de BMS induits par la pratique d'AP (post-traumatiques ou de sur-sollicitation) et, dans une deuxième partie, leurs mécanismes. Nous étudierons ensuite les conséquences à long terme puis l'efficacité des mesures préventives actuellement proposées.

3.5.1.1 Prévalence et nature des traumatismes

Les risques de traumatismes de l'appareil locomoteur associés à la pratique sportive compétitive ou de haut niveau ont fait l'objet d'un grand nombre d'études. Les traumatismes liés à la pratique des activités physiques de loisirs, moins structurées et moins encadrées, sont moins bien connus. Les études épidémiologiques sur ce sujet ont été essentiellement menées aux Etats-Unis (Powell et al. 1998, Hootman et al. 2002, Conn et al. 2003), en Australie (Mummery et al. 2002, Gabbe et al. 2005) et au Canada (INSP Québec 2012). Au niveau européen, peu d'études épidémiologiques ont été publiées. En France, il faut citer notamment les travaux récents de Thélot (2009) et ceux d'Elfeki Mhiri et Lefevre (2012).

L'approche méthodologique diffère selon les études, et cela doit être considéré lors de l'interprétation et lors de la comparaison des résultats. Les données ont souvent été recueillies par

²⁰ Il a été rapporté que les blessures liées à la pratique d'activité physique peuvent parfois conduire au décès ou à des incapacités durables (OMS et Unicef 2008).

le biais de questionnaires auto-rapportés. Powell et al. (1998) ont ainsi questionné 5 000 personnes dans la population générale américaine comme l'ont fait Elfeki Mhiri et Lefevre (2012) mais ici sans que l'on connaisse le nombre total de sujets. Mummery et al. (2002) et les auteurs du Rapport INSP Québec (2012) ont réalisé des entretiens téléphoniques tandis que d'autres (Conn et al. 2003) ont recueilli, au cours d'entretien en face à face, les informations relatives aux blessures ayant nécessité une assistance médicale. Ce travail a été effectué de 1997 à 1999 par le *National Health Interview Survey* (NHIS). Les données sont classées selon le sport ou l'activité de loisir associée en utilisant un système de classification international des causes externes de blessures : « The Enable Classifying External Causes of Injuries (ICECI) » conçu pour aider les chercheurs et les praticiens à décrire, mesurer et surveiller la survenue de blessures et enquêter sur les circonstances de leur survenue en utilisant une classification convenue en interne, pour une meilleure prévention. Tout intervenant en soins de santé peut signaler l'incidence, la gravité et la nature des blessures subies par les citoyens américains. Au final, chaque année, environ sept millions d'Américains ont reçu des soins médicaux pour des blessures (25,9 épisodes de blessures par 1000 habitants) liées à une AP sportive ou de loisir. Certains auteurs ont réalisé une analyse rétrospective des dossiers d'un service d'urgence, d'un centre médico-chirurgical (Gabbe et al. 2005) ou une analyse prospective au sein d'un service de médecine préventive (Hootman et al. 2002). Ces modalités de recueil ont pu influencer notamment sur le profil des sujets recensés, la nature exacte et la sévérité du traumatisme comme sur l'intensité réelle de la pratique physique à l'origine des lésions de l'appareil locomoteur. Dans les enquêtes, les traumatismes retenus sont ceux survenus dans les 3 (Conn et al. 2003) ou 12 derniers mois (Elfeki Mhiri and Lefevre 2012), Mummery et al. 2002, INSP Québec 2012) qui ont nécessité la consultation d'un professionnel de santé, la prise de médicaments, la diminution ou l'arrêt de l'AP de loisirs ou professionnelle.

3.5.1.1.1 Activités pratiquées

Dans une perspective de planification des activités de prévention, il est essentiel d'identifier les principales activités à l'origine de BMS ou de traumatismes et les caractéristiques des personnes blessées. L'exposition au risque lésionnel associé à une pratique est fonction du taux de pratique. Par exemple, la pratique du rugby étant plus élevée en France qu'aux Etats-Unis, l'exposition au risque l'est également. Le Tableau 26 rapporte le taux d'accidents survenus au cours d'activités physiques de loisir, en fonction de leur fréquence de pratique par la population générale (Elfeki Mhiri and Lefevre 2012).

En France, parmi les AP de loisirs, la marche, le vélo et la natation de loisir étaient, de loin, les activités les plus pratiquées, respectivement par 53 %, 24 % et 24 %. Les sports de balle (ou ballon), essentiellement football et tennis, ainsi que la musculation étaient pratiqués de manière plus marginale (9 % et 8 %). Cette distribution est globalement retrouvée dans les autres études, notamment au Canada (INSP Québec 2012). Le nombre total de pratiquants dans l'ensemble des activités était toutefois plus élevé puisque 50 % à 70 % des sujets de 6 à 74 ans déclaraient pratiquer la marche, le vélo ou la natation à des fins d'entretien physique.

3.5.1.1.2 Prévalence des BMS liés à l'activité physique

Le risque traumatique global de l'AP reste difficile à évaluer. Par exemple, en France, les données proviennent souvent d'enquêtes réalisées par les hôpitaux (Elfeki Mhiri et Lefevre - 2012). Elles occultent donc les personnes qui ont recours au médecin de ville et ne reflètent donc pas vraiment la population générale. Les informations rapportées ne permettent pas d'estimer la prévalence et l'incidence des accidents liés aux AP dans la population générale.

Tableau 26. Part des accidents mis au regard des taux de pratique en France (Enquête pratique physique et sportive 2010)

	Taux de pratique (en % de la population des 15 ans et plus)	Part des accidents (en % des pratiquants)
Marche de loisir	53%	1%
Natation de loisir	24%	= 0%
Marche utilitaire	24%	2%
Vélo de loisir	22%	1%
Baignade	15%	= 0%
Ski alpin	11%	2%
Pétanque	10%	= 0%
Football	10%	13%
Randonnée pédestre	9%	1%
Footing	9%	4%
VTT de loisir	8%	2%
Musculation	8%	3%
Jogging	7%	3%
Pêche	7%	= 0%
Tennis de table	7%	= 0%
Randonnée en montagne	6%	2%
Tennis	6%	6%
Vélo utilitaire	6%	6%

Source : enquête pratique physique et sportive 2010, CNDS / direction des sports, INSEP, MECS.

Champ : personnes résidant en France (métropole et départements d'outre-mer) âgées de 15 ans et plus.

Lecture : Sont présentées dans ce tableau les 18 activités citées par plus de 5% des répondants. 9% des personnes âgées de 15 ans et plus ont déclaré avoir pratiqué la randonnée pédestre. 1% d'entre elles ont été victimes d'un accident pendant la pratique de cette activité.

Dans la littérature, un certain nombre d'études épidémiologiques ont évalué le risque de BMS (Mummery et al. 1998, Hootman et al. 2002, Parkkari et al. 2004). Ces études ont considéré les différents contextes et intensités de pratiques, y compris dans la population insuffisamment active. Hootman et al. (2002) ont effectué un suivi longitudinal prospectif entre 1970 et 1986 de la population générale américaine. Parmi les sujets considérés comme inactifs (individus ayant répondu « non » à la pratique de marche, « jogging », course à pied, vélo, natation, sports de raquette ou autres sports d'intensité élevée), soit 33 % des personnes suivies, 15 % des hommes et 17 % des femmes ont pourtant déclaré avoir souffert d'une blessure en rapport avec l'AP. La proportion de blessés était plus élevée chez ceux déclarant pratiquer régulièrement : 21 % des sujets rapportaient au moins une BMS dans les 12 mois précédents l'évaluation finale, en rapport avec leur AP (course, jogging, marche ou sport intensif). L'étude canadienne spécifiquement ciblée sur les AP de loisirs a recensé environ 11 blessés pour 100 pratiquants (INSP Québec 2012), résultat sensiblement plus faible que celui retrouvé dans l'étude australienne (Mummery et al. 2002) ayant également analysé les AP de loisirs (16,6 %). Seule l'étude américaine de Conn et al. (2003) a rapporté des chiffres nettement plus faibles que les autres (2,6 %), mais le nombre de traumatismes était comptabilisé sur 3 mois et non sur 12.

En France, le risque traumatique lié à la pratique des AP a été évalué par Elfeki Mhiri et Lefevre (2012) et Thélot (2009). Elfeki Mhiriet et Lefevre ont considéré les pratiques de loisirs et sportives. Au total, 9 % des sujets âgés de 15 ans et plus ont déclaré avoir été victimes d'un accident au cours de leur pratique, dans les 12 mois ayant précédé l'enquête. Pour Thélot (2009), les accidents dus aux AP représentent environ 18 % des accidents de la vie courante (32 007 des 179 676 accidents répertoriés).

3.5.1.1.2.1 Prévalence selon l'âge, le genre et le niveau socio-économique

Que la pratique physique soit sportive ou non, les traumatismes liés à l'AP de loisir sont plus nombreux chez les sujets jeunes (Conn et al. 2003, Mummery et al. 2002, INSP Québec 2012, Elfeki Mhiri et Lefevre 2012). En France, 86 % de l'ensemble des accidents en AP surviennent ainsi chez les moins de 35 ans. Les adolescents et les adultes jeunes (15-29 ans) étaient les plus touchés (Thélot 2009). Au Canada, dans cette catégorie d'âge, les taux étaient similaires (autour de 18 %) et supérieurs à ceux observés chez les sujets de plus de 35 ans (8,6 %) (INSP Québec 2012). Des conclusions analogues ont été observées en Allemagne (Brühman and Schneider 2011), aux Etats-Unis (Hootman et al. 2002, Conn et al. 2006) et en Australie (Dennis and Finch 2008).

La gravité des accidents est également supérieure chez les 15-29 ans (Thélot 2009). Un accident sur cinq conduit à une hospitalisation et un sur quatre à un arrêt de l'activité professionnelle ou scolaire. L'effet de l'âge s'atténue mais persiste néanmoins lorsque la pratique est seulement récréative. Une revue de question a récemment été consacrée à l'évaluation du risque chez les seniors (âge moyen 69 ± 5 ans), concluant que le risque n'était pas majoré dans cette population par comparaison à des adultes jeunes (Little et al. 2013).

La prévalence de traumatismes est plus élevée chez les sujets de sexe masculin. Les études précédentes (Elfeki Mhiri et Lefevre 2012, Conn et al. 2003) ont indiqué que pour toutes formes de pratiques confondues, les hommes déclaraient plus du double d'accidents (13 %) que les femmes (6 %), cet écart diminuant lorsque la pratique était récréative. Le taux d'accidents graves (30 %) était à peu près le même chez les hommes et les femmes. Au Canada, le risque traumatique était de 12,7 % chez les hommes et 11,1 % chez les femmes (INSP Québec 2012). Pour Finch et Cassell (2006), en Australie, les hommes présentent aussi les plus hauts risques de blessure. Cela était expliqué, dans cette étude, par les comportements plus agressifs souvent adoptés par les hommes.

En France et au Canada, le risque traumatique était plus élevé chez les sujets ayant un diplôme d'études universitaires et des revenus élevés (Elfeki Mhiri and Lefevre 2012, INSP Québec 2012). Comme l'indiquent les études, ces sujets pratiquent plus et consultent plus facilement que les autres.

Cette étude a également mis en avant que les sujets les plus jeunes, les plus minces et les plus actifs et ayant un antécédent de blessure, étaient statistiquement plus à risque de BMS ($p < 0,05$)

En France, les individus de moins de 35 ans sont les plus touchés par les accidents traumatiques de l'appareil locomoteur, plus particulièrement entre 15 et 29 ans, et les accidents rapportés sont plus graves. Les études réalisées dans d'autres pays ont rapporté les mêmes conclusions. En comparaison avec des adultes jeunes, le risque de traumatisme ne semble pas majoré chez les seniors.

3.5.1.1.2.2 Prévalence selon le type d'activité physique

Prévalence liée à la pratique d'un sport

Dans toutes les études, les sports collectifs et de contact seraient, avec les sports de combat, à l'origine du plus grand nombre d'accidents. Ces accidents concernent surtout les hommes (83 %), pour lesquels il s'agit d'abord d'accidents de football, activité la plus pratiquée. Viennent ensuite les accidents de basket-ball, de rugby, de handball et de volley-ball. Les sports de combat, moins pratiqués, affichent un nombre total d'accidents plus faible (figure 48). Dans cette étude, les accidents impliquant un véhicule à roues sans moteur constituent 20 % des accidents de sport. Il s'agit dans 74 % des cas d'accidents de vélo, 18 % de roller et 7 % de skate-board. Derrière la famille des sports d'équipe et de balle, se situent les sports d'hiver (13 %), l'équitation, les sports de combat et les sports de raquette. Au Canada (INSP Québec 2012), les sports de combat pratiqués de manière récréative affichent les taux de BMS les plus élevés (10,7 %) devant les sports d'équipe comme le football (7,8 %), loin devant le volley-ball (4,3 %), les sports de raquette

(3,7 %) et la course à pied-jogging (3,8 %). Cette étude est une des plus exhaustives en ce qui concerne l'évaluation du risque traumatique lors de la pratique des AP de loisir. Les taux de blessures les plus faibles ont été enregistrés dans les activités de marche, à des fins d'exercice (1,5 %), le vélo (1,3 %) et la natation de loisir (0,4 %).

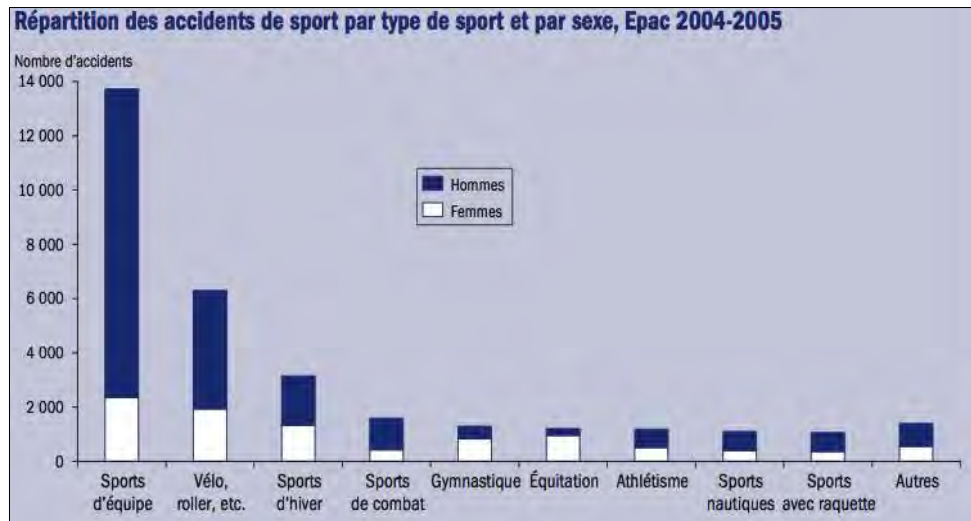


Figure 48. Répartition des accidents par activité physique et par sexe (Thélot 2009).

Pons Villanueva et al. (2010) ont étudié le lien entre des types d'AP (activité quotidienne et sports) et l'incidence des BMS, dans une cohorte d'adultes espagnols diplômés de l'université (60 % de femmes) de 1999 à 2008 (« SUN cohort »). Les participants ont rapporté la fréquence de leur pratique d'AP, sur un an, et l'incidence de BMS liées aux AP sur un suivi de 2, 4 ou 6 ans. L'âge moyen des participants est de 38,1 ans (écart-type = 12,1). La moyenne en pratique de loisirs est de 24,5 METs-h/semaine (écart-type = 22,2). Parmi les sujets suivis, 11,5 % ont rapporté une BMS liée à l'AP sur un suivi de 4,6 ans (1658 blessures pour 14356 participants). L'analyse ajustée à l'âge et à l'IMC, a montré un risque plus élevé en football et autres sports d'équipe, ski, tennis, course et athlétisme, chez les hommes. À l'exception du football, les risques étaient les mêmes chez les femmes. La marche, la gymnastique, la natation, la randonnée en montagne et le jardinage étaient associés à un risque plus faible de BMS. Ces résultats ont été retrouvés dans l'étude de Parkkari (2004). Dans une étude de cohorte prospective longitudinale de 3363 Finlandais, âgés de 15 à 74 ans, sur une année, l'incidence de BMS était faible (0,19 à 1,5 pour 1 000 heures de pratique) pour les activités telles la marche, le vélo pour se rendre au travail, le jardinage, le ménage, la chasse, la pêche et les sports comme le golf, la danse, la natation et l'aviron. Le risque était plus élevé pour les AP comme le squash, la course d'orientation, les sports d'équipe et le judo, la lutte, le karaté, etc. (6,6 à 18,3 pour 1 000 heures).

Prévalence liée à l'AP telle que recommandée en prévention primaire

La plupart des études s'accordent pour retrouver dans la population générale une prévalence de blessures, liée à la marche et à la course à pied de loisirs, allant de 10 % à 40 % avec une moyenne d'environ 20 % (Colbert et al. 2000, Finch et Cassel 2006, Hootman et al. 2002, Koplan et al. 1985, Schneider et al. 2007, Morrow et al. 2012).

L'étude de Colbert et al. (2000) menée durant 8 ans chez 5 327 hommes et femmes pratiquant régulièrement la course à pied ou la marche, a montré que le risque traumatique est environ 25 % plus faible lors de la marche que lors de la course à pied. Powell et al. (1998) ont évalué, dans la population générale américaine (5000 sujets), le risque traumatique lié à la pratique d'activités d'intensité faible à modérée, telles qu'habituellement recommandées à des fins de santé : marche,

travaux de jardinage, musculation, danse et cyclisme. La prévalence de BMS était très faible, évaluée respectivement à 0,9 % (vélo), 1,4 % (marche et danse), 1,6 % (jardinage) et 2,4 % (musculation). Pollock et al. (1991) ont réalisé une étude prospective randomisée, chez 57 volontaires sains sédentaires de 70 à 79 ans. Elle montre que dans le groupe « marche/jogging », comparé au groupe « Force » et à un groupe « contrôle », qui commence le jogging à la quatorzième semaine de marche, 57 % des sujets ont eu une blessure contre 4,8 % durant la période de marche et 8,7 % dans le groupe renforcement musculaire.

Morrow et al. (2012) ont étudié sur 5 ans l'incidence des BMS dans une cohorte de femmes suivant leur niveau d'AP (The Women's Injury-WIN). L'AP et les BMS étaient auto-rapportés. Le nombre de BMS, relevé chaque semaine pendant 3 ans, était en moyenne de 38,7 % par an, dont 18,9 % lié à l'AP. Little et al. (2013) ont évalué le risque de BMS lié à l'AP globale chez 167 sujets, en moyenne de 69 ans (± 5 ans ; 104 femmes, 63 hommes), inactifs avant un programme encadré de 8 semaines (Get Fit for Active Living (GFAL) programme). Après le programme, les participants étaient encouragés à poursuivre seuls, sans reprendre contact avec l'équipe ; 29 % ont continué les mêmes types d'exercices, 71% réalisaient des exercices différents, le plus souvent la marche (34%) et 19 % pratiquaient des exercices de musculation. Lors du suivi à 12 mois, 13,8 % des participants ont eu au moins une BMS liée à l'AP.

3.5.1.1.2.3 Nature, siège et gravité des traumatismes

Dans l'enquête réalisée en France par l'institut de veille sanitaire (2004-2005), la nature des blessures a été recensée par groupe d'AP (figure 49). Dans ce travail, la distinction n'a pas été faite entre AP de loisirs et pratiques sportives.

Dans l'étude canadienne ciblée sur les AP de loisirs (INSP Québec 2012), les entorses étaient les blessures les plus fréquentes (40,8 %), loin devant les tendinites et périostites (14,6 %), les fractures osseuses (12,7 %), les plaies cutanées et sous-cutanées (11,1 %), les claquages musculaires (9,7 %), luxations (5,7 %) et les traumatismes crâniens (3,2 %). La revue systématique de van Gent et al. (2007) précise la nature des blessures rencontrées chez les coureurs de longues distances souffrant notamment de pathologies chroniques. Les lésions les plus souvent diagnostiquées sont le syndrome de la bandelette ilio-tibiale du fascia-lata (Syndrome de Maissiat), la périostite tibiale, le syndrome fémoro-patellaire, la tendinopathie d'Achille, la tendinopathie du tibia postérieur et la fasciite plantaire. Le stade évolutif va de la simple douleur inflammatoire à la dégénérescence structurelle (Heir et al. 1996, Vleck et Garbutt 1998, De Jonge et al. 2011, Hagglund et al. 2011, Hume et al. 2006).

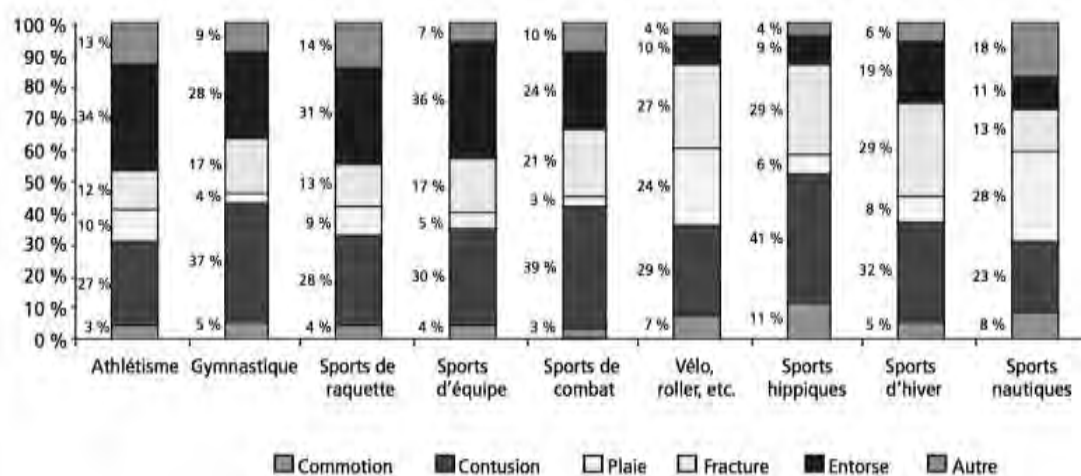


Figure 49. Lésions traumatiques en fonction de l'activité physique pratiquée (Institut de veille sanitaire (InVS) (2004-2005).

A l'exception de l'étude de Gabbe et al. (2005), toutes ont conclu que les membres inférieurs sont les plus souvent lésés (InVS 2005, INSP Québec 2012, Conn et al. 2003, Mummery et al. 2002). Les lésions affectent majoritairement le genou, la jambe et la cheville, exceptionnellement la hanche et le bassin (Hootman et al. 2002, Buist et al. 2010, Bredeweg et al. 2012). La tête et la colonne vertébrale sont touchées dans 10% à 15% des accidents. La prévalence varie cependant selon que l'on considère la population générale (prenant en compte les sujets inactifs), la population active pratiquant les AP de loisirs ou des activités sportives de compétition. Dans la population générale, les blessures concernent pour 65% les membres inférieurs et 10% les membres supérieurs chez les hommes comme chez les femmes. Ce chiffre diminue pour atteindre, selon les études, entre 40 % et 45 %, au niveau des membres inférieurs et 30 % et 35 % au niveau des membres supérieurs.

Les blessures sévères représentent environ 23 % de l'ensemble des traumatismes induits par la pratique d'AP de loisirs (INSP Québec 2012). Quel que soit le groupe d'âge, les blessures les plus graves sont observées au niveau des membres inférieurs (45% de l'ensemble des blessures sévères). Elles affectent particulièrement les femmes (51% contre 41% chez les hommes). Les blessures sévères des membres supérieurs et du tronc représentent respectivement 26 % et 16 % des lésions, sans différence majeure selon le sexe et l'âge. 12% des cas sont des atteintes sévères à la tête et au cou.

Les traumatismes peuvent, exceptionnellement, être mortels. Rigou et al. (2013) ont recensé le nombre de décès d'origine traumatique liés à toute forme de pratique physique (compétitive, récréative ou professionnelle), en France en 2010. Le vélo a été exclu de cette étude. 246 décès ont été recensés. Ils ont été observés dans des environnements ou des activités à risque augmenté : haute et moyenne montagne ($n = 99$), chasse ($n = 27$), etc. Selon une étude allemande (Turk E.E. et al. 2008) et une étude australienne (Andrew et al. 2012), les activités nautiques ($n = 21$), l'équitation ($n = 10$) et l'alpinisme ($n = 5$), le cyclisme ($n = 43$), les activités aquatiques ($n = 32$), la moto hors-piste ($n = 23$), les sports aériens ($n = 22$), l'équitation ($n = 4$) impliquent de prendre des précautions en raison des risques auxquels ils exposent. Dans l'étude française, comme dans l'étude allemande, les sujets étaient majoritairement des hommes âgés de 45 ans environ. Pour Rigou et al. (2013), le risque de BMS augmente chez les sujets de 50 à 55 ans.

L'été est la saison la plus à risque en raison d'une pratique plus fréquente, d'une prise de risque plus élevée, d'une baisse de vigilance lors des vacances, et, sans doute, d'une augmentation du nombre de pratiquants pas toujours préparés, ni conscients des dangers.

3.5.1.2 Origine des traumatismes

3.5.1.2.1 Élément déclencheur

Dans les traumatismes aigus ou accidentels, un élément déclenchant direct était souvent retrouvé. La chute constituait la cause la plus fréquente, soit 60 % des traumatismes (Tableau 27). Elles étaient particulièrement nombreuses pour les accidents de vélo (91 %), de sports d'hiver (83 %) et d'équitation (81 %). Pour les sports d'équipe et de combat, les chocs directs étaient relevés dans respectivement 36 % et 35 % des cas. Les surmenages physiques aigus (étirement, élongation, etc.) survenaient surtout lors de la pratique d'un sport avec raquette (20 %), d'athlétisme (19 %) ou de gymnastique (16 %).

Tableau 27. Causes des traumatismes en fonction du sport pratiqué (InVS 2004-2005)

	Chute	Coup	Écrasement, coupure, perforation	Corps étranger	Surmenage physique aigu	Autres et non précisés	Total
Athlétisme	59,5 %	10,8 %	3,5 %	0,4 %	18,9 %	6,9 %	100 %
Gymnastique	62,4 %	13,3 %	1,0 %	0,1 %	16,2 %	7,0 %	100 %
Sports de raquette	48,1 %	22,7 %	1,7 %	0,4 %	20,1 %	7,0 %	100 %
Sports d'équipe	42,0 %	36,3 %	1,0 %	0,1 %	13,5 %	7,2 %	100 %
Sports de combat	49,2 %	34,7 %	1,1 %	0,1 %	8,7 %	6,3 %	100 %
Vélo, roller, etc.	90,6 %	5,2 %	1,2 %	0,1 %	1,3 %	1,6 %	100 %
Sports hippiques	81,4 %	12,5 %	3,4 %	0,0 %	1,2 %	1,5 %	100 %
Sports d'hiver	83,2 %	6,0 %	1,3 %	0,0 %	6,9 %	2,6 %	100 %
Sports nautiques	48,2 %	26,6 %	7,4 %	0,5 %	8,7 %	8,6 %	100 %
Autres	57,0 %	18,0 %	3,1 %	0,9 %	14,1 %	7,0 %	100 %
Total	60,0 %	22,8 %	1,6 %	0,1 %	10,1 %	5,4 %	100 %

Même si la cause semble identifiée, l'accident résulte souvent de l'interaction de multiples facteurs de risque, intrinsèques et extrinsèques. Tous ces facteurs participent à la pathogénie des traumatismes chroniques dont l'étiologie est souvent multifactorielle.

3.5.1.2.2 Facteurs intrinsèques

Le rôle de l'âge et du genre a été précédemment souligné.

Influence de l'indice de masse corporelle (IMC)

En augmentant les contraintes sur le rachis et les membres inférieurs, les activités physiques portées²¹ et comportant de la course accroissent le risque traumatique dans ces territoires. Ceci est confirmé par les études de Nielsen et al. (2013) et Buist et al. (2010) qui montrent que le risque traumatique croît avec l'IMC, chez des adultes débutant la course à pied.

Dans les activités comme les sports de glisse, pratiquées dans un contexte de loisirs (ski, roller, skate-board, snow-board, etc.), les chutes et les traumatismes sont plus fréquents chez les débutants que chez les experts, mais les conséquences restent souvent sans grande gravité (Dohin and Kohler 2008). Inversement, il y a moins de chutes chez les plus experts ou les plus âgés, mais les lésions sont souvent plus graves (Machold et al. 2000). Cela pourrait être justifié par l'augmentation, avec la technique, de la vitesse, qui constitue un facteur aggravant bien connu en traumatologie. En escalade, le risque traumatique est faible chez les débutants qui s'engagent dans des parcours plus faciles et avec des conditions de sécurité optimales (Humphries et al. 2001). Chez les individus plus entraînés, le risque augmente et notamment la gravité du traumatisme, les sujets affrontant des parcours plus dangereux. Dans les sports de balle, comme le tennis, plus le joueur est performant, plus son service est puissant. Les forces et contraintes biomécaniques exercées sur son épaule sont ainsi beaucoup plus élevées et plus traumatisantes (Bahr and Krosshaug (2005). Il en est de même dans les sports de contact comme le rugby (Lee and Garraway 1996).

Dans les sports individuels où les risques de chutes et de contact sont très faibles et la vitesse relativement limitée, comme la course à pied, le risque traumatique est plus élevé chez les débutants. Dans une étude prospective de cohorte, Buist et al. (2010) ont comparé le risque de

²¹ Par opposition aux activités dite portées, où le poids du corps est porté comme le vélo ou la natation.

blessures du rachis ou des membres inférieurs chez 629 coureurs des deux sexes, débutants ou déjà initiés, lors d'une période d'entraînement de 8 semaines avant une épreuve-test de 6,5 km. 25,9 % des coureurs ont rapporté au moins une blessure au cours des 8 semaines. Le risque est plus élevé chez les hommes et les débutants. L'absence d'expérience de la course est le facteur de risque de BMS le plus important (Buist 2008).

Diversité des pratiques et la quantité totale d'activité physique

Le risque augmente avec le nombre d'activités pratiquées. Dans l'enquête française d'Elfeki Mhiri et Lefevre (2012), la proportion de blessés passait de 4 % chez les sujets qui déclaraient pratiquer 1 à 2 activités à 18 % chez ceux en pratiquant 6 et plus. Il augmentait aussi avec le volume d'entraînement mais dans des proportions qui diffèrent selon le sport pratiqué. Junge et al. (2004) ont rapporté que, pour 1 000 heures de pratique, le risque est respectivement multiplié par 12 à 35 et 12 à 53 en football et rugby amateur alors qu'il est de 0,5 à 3 en tennis (Pluim et al. 2006). En course à pied, la revue de question de Nielsen et al. (2012) qui a analysé 63 articles sélectionnés sur leur qualité méthodologique, n'a pas permis de conclure formellement, en particulier chez les coureurs très entraînés ou élites. L'incidence rapportée était en moyenne, de 2,5 à 7,4 blessures pour 1 000 heures de pratique chez les marathoniens. Le risque est, cependant, plus élevé chez les débutants dont l'incidence est estimée à 33 blessures pour 1000 heures de pratique. Les auteurs ont suggéré que la maîtrise et l'expérience des coureurs élites expliqueraient qu'au-delà d'un certain volume de pratique, le risque diminue.

Antécédents

En football, selon Ekstrand et al. (2011), 12 % des blessures sont des récives. Pour les entorses de cheville, en volley-ball ou en football, le risque de récive est 4 à 5 fois plus élevé après un antécédent d'entorse (Bahr and Bahr 1997, Arnason et al. 2004). Ces récives ont été expliquées par des séquelles neuromusculaires et ligamentaires ou par le sentiment d'une blessure insuffisamment consolidée (Konradsen et Ravn 1991, Tropp et al. 1985, Short et al. 2004). Chez les coureurs à pied, Macera et al. (1991) ont observé qu'un antécédent traumatique dans les 12 derniers mois multipliait par 6 à 7 le risque de nouvelle blessure. Les mêmes facteurs de risques de BMS (antécédent, quantité de course par semaine) ont été retrouvés, dans une revue de la littérature, chez les coureurs de longue distance ou les populations spécifiques telles les militaires (van Gent et al. 2007, Taanila et al. 2010). Dans une étude de cohorte prospective, réalisée chez des sujets pratiquant régulièrement la course (2481 hommes et 609 femmes), Hootman et al. ont montré qu'un antécédent de blessure des membres inférieurs est le principal facteur de BMS, suivi par un entraînement supérieur à 32 km par semaine (2002). En population générale, ces auteurs concluent qu'un antécédent de blessure des membres inférieurs constitue le facteur de risque traumatique prédictif le plus fort de nouvelle blessure, notamment chez les hommes.

Autres facteurs de risques

Les déséquilibres posturaux, statiques et dynamiques sont fréquents. Leur rôle aggravant dans la genèse des traumatismes liés aux AP est souvent avancé lorsque la pratique est d'intensité élevée ou compétitive. L'existence de déséquilibres musculaires agonistes/antagonistes est aussi évoquée dans l'étiopathogénie des traumatismes musculaires, notamment au niveau des cuisses (Burkett 1970, Heiser et al. 1984), et ce malgré le manque de preuve (Christel 2005, Liu et al. 2012). La revue de littérature de Reiman et al. (2009) a également suggéré que les traumatismes du genou (avec distensions des ligaments croisés notamment) sont favorisés par un déséquilibre musculaire (ischiojambiers/quadriceps) et par des anomalies posturales au niveau de la hanche (adduction et rotation interne excessives). Une étude prospective de cohorte, réalisée chez 100 femmes pratiquant la course à pied, a indiqué également que ce déséquilibre constituerait aussi un facteur de risque prédictif du syndrome de la bandelette ilio-tibiale dans cette population (Noehren et al. 2007). Un déséquilibre musculaire entre le groupe des adducteurs et la sangle abdominale

(Sailly 2013), le morphotype lombo-pelvien (antéversion du bassin et hyperlordose lombaire) ou l'inégalité des membres inférieurs sont des facteurs classiquement retenus. Il n'a cependant jamais été formellement démontré qu'ils augmentent les contraintes qui s'exercent sur la symphyse pubienne et majorent le risque de pubalgie observé dans certains sports (football, rugby, athlétisme, etc.). Le rôle du morphotype du pied est aussi sujet à controverse. La pronation du pied est souvent repérée chez les sujets présentant une tendinite achilléenne (Järvinen et al. 2005). A l'inverse, Nakhaee et al. (2008) n'ont pas retrouvé, chez des coureurs à pied, de relation entre ce paramètre et le risque de traumatisme de la cheville ou du genou. Sur une cohorte incluant des débutants, Buist et al. (2010) ont observé cependant, lors d'un programme d'entraînement de 13 semaines en course à pied, que l'affaissement de la voûte plantaire est, chez la femme seulement, un facteur de risque prédictif de BMS. Les mobilités de la hanche et de la cheville n'ont pas, ici, d'influence significative.

Le rôle de ces facteurs posturaux dans la survenue de blessures lors des pratiques physiques de loisirs mérite d'être étudié. Si la sollicitation des zones anatomiques à risques est plus faible, la condition physique des pratiquants de loisir est dans l'ensemble moins bonne et leur préparation physique moins encadrée.

Le rôle du profil psychologique est également débattu, notamment en course à pied. Fields et al. (1990) ont suggéré que les sujets à personnalité compétitive ont un risque traumatique supérieur. Ceci n'a pas été retrouvé par Buist et al. (2010) et Nielsen et al. (2013) qui, à l'inverse, ont conclu que les sujets à personnalité compétitive avaient un risque diminué. Il n'est ainsi pas possible de conclure quant au rôle du caractère compétitif du profil psychologique dans la genèse des traumatismes et BMS.

3.5.1.2.3 Facteurs extrinsèques

De nombreux facteurs sont considérés comme des facteurs de risque traumatique potentiels : l'utilisation d'un matériel peu adapté, une mauvaise utilisation de ce matériel ou un environnement hostile. Plus spécifiquement, la pratique de la course à pied sur sols durs ou avec des chaussures à semelles peu amortissantes (Munteanu and Barton 2011, Järvinen et al. 2005), le mauvais réglage du vélo en cyclisme, une tension excessive du tamis de la raquette, un manche de dimension inadaptée en tennis (Tagliafico et al. 2009), etc. D'un point de vue biomécanique, ces facteurs augmentent les forces et contraintes s'exerçant sur le système musculo-squelettique, et donc le risque traumatique ; c'est ce qui a permis de regrouper les pathologies microtraumatiques induites par le matériel sportif sous le terme de technopathies. Les travaux sur ce sujet restent cependant très limités et le rôle des différents facteurs à préciser.

3.5.1.2.4 Modèle plurifactoriel de Mac Intosh (2005)

Qu'il s'agisse d'un traumatisme aigu ou chronique, l'étiopathogénie est souvent plurifactorielle. Il survient souvent en raison de la convergence et de l'effet cumulé de divers facteurs de risque intrinsèques ou extrinsèques, et non en réponse à un seul agent causal. Meeuwisse (1994) a estimé que l'élément déclenchant n'est souvent que l'élément final d'un enchaînement de facteurs (Figure 50). Le rôle attribué à l'élément déclenchant, lors d'un traumatisme aigu, est dû à la coïncidence temporelle avec la survenue de l'accident. Tous les événements qui l'ont précédé ou les facteurs associés doivent être pris en compte dans la compréhension des mécanismes et la mise en place des mesures préventives.

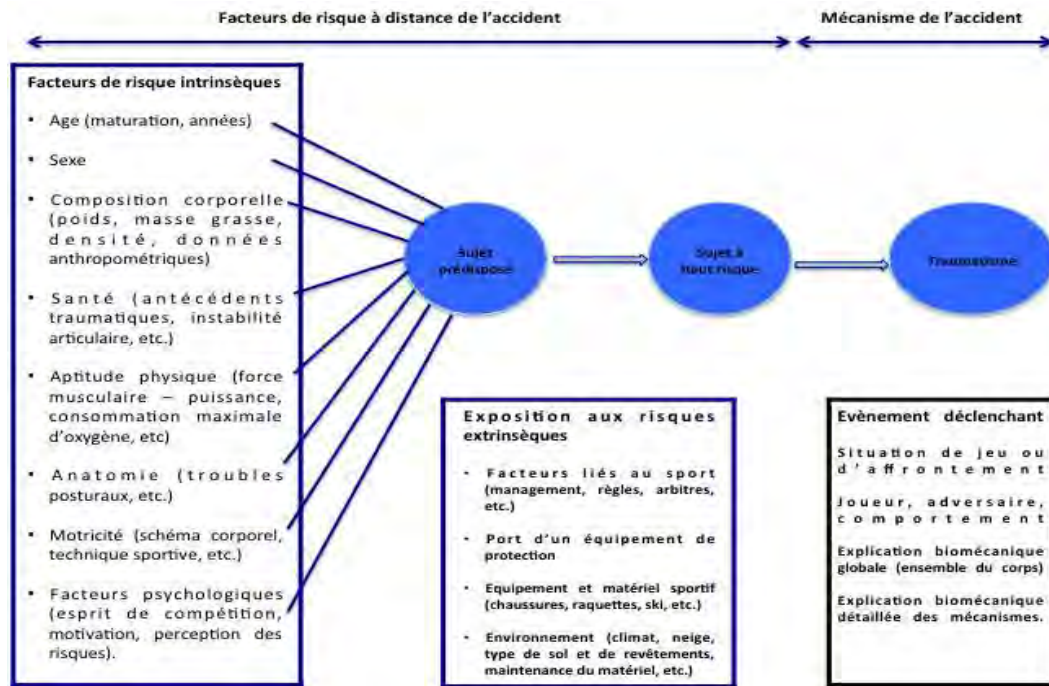


Figure 50. Modèle explicatif de la survenue d'un traumatisme lié à la pratique d'AP (adapté de Bahr et Krosshaug 2005).

A titre d'exemple, Olsen et al. (2003) ont montré que les sols très adhérents et peu glissants augmentent le risque d'entorse du genou, en handball et plus particulièrement chez les femmes. Celles-ci présentent, plus que les hommes, des anomalies posturales, décrites précédemment, notamment au niveau de la hanche (adduction et rotation interne excessives) (Powers 2010). Ceci souligne l'importance des interactions entre facteurs intrinsèques et facteurs extrinsèques dans la survenue des traumatismes et permet d'expliquer les résultats parfois divergents retrouvés dans la littérature.

3.5.1.3 Conséquences

3.5.1.3.1 Séquelles de traumatismes

La méta-analyse de Maffuli (2011) a estimé que le bilan des séquelles engendrées à long terme par la répétition des traumatismes, chez les anciens sportifs, reste encore difficile à évaluer. Peu d'études (Mc Carroll et al. 1986, Granhed et al. 1988, Lundin et al. 2001, Baranto et al. 2006) ont évalué les séquelles sur le rachis. Dans ces travaux, principalement rétrospectifs, les AP les plus citées pour générer des séquelles sont : l'haltérophilie et le culturisme, la gymnastique, la plongée, le tennis et le football.

A l'étage supérieur (épaules-coude), on constate que les séquelles au niveau de l'épaule sont fréquentes dans les sports de lancer (javelot, handball), dans les sports de contact (rugby) et en natation. Schmitt et al. (2001) ont suivi 21 lanceurs élités de javelot jusqu'à un âge moyen de 50 ans. 5 d'entre eux (24 %) se sont plaints de douleurs résiduelles de l'épaule et 3 (16 %) de douleurs au niveau du coude ; ces douleurs avaient des retentissements dans leur vie quotidienne. Au niveau du bras dominant, tous ces athlètes présentaient des lésions dégénératives radiologiques (ostéophytes). Quant au devenir fonctionnel des instabilités de l'épaule opérées, il reste encore mal connu (Altchek et al. 1992, Tomlinson et Glousman 1995).

Au niveau du coude, les lésions intra-articulaires résultent souvent de la répétition de microtraumatismes. La fréquence des lésions est élevée chez les anciens gymnastes

(Shanmugam and Maffulli 2008). Même après leur arrêt sportif, ils souffrent de douleurs résiduelles et d'une limitation de l'extension du coude.

C'est à l'étage inférieur (hanches-genoux-chevilles) que la fréquence des lésions est la plus élevée et donc le risque de séquelles le plus élevé. Les lésions séquellaires sont surtout de nature dégénérative et arthrosique (Maffulli et al. 2011). Leurs conséquences fonctionnelles restent difficiles à estimer à long terme, dans la mesure où les traitements ont considérablement évolués ces dernières années et modifiés le pronostic.

3.5.1.3.2 Risque d'arthrose des membres inférieurs liés à l'activité physique

L'augmentation de la charge (contrainte) liée à l'AP sur le cartilage a été identifiée comme pouvant être un facteur d'arthrose. L'exercice physique en charge a des effets péri-articulaires et peut également entraîner des lésions du cartilage articulaire (Magnusson et al. 2008). Cependant, comme exposé plus haut, l'AP peut ou non jouer un rôle dans l'étiologie de l'arthrose ou prévenir cette pathologie.

Il faut d'emblée noter la difficulté d'analyse et d'interprétation des études traitant de cette causalité en raison de l'absence d'étude randomisée, des biais de sélection des populations et de la nécessité, dans les études ouvertes, de prendre en compte l'ensemble des autres facteurs favorisant identifiés de l'arthrose. En effet, si les facteurs extrinsèques biomécaniques liés au type d'AP (charge répétée et élevée sur les articulations) font partie des facteurs favorisant de l'arthrose, il est également nécessaire de considérer les facteurs systémiques (âge, sexe, poids, ethnicité, statut hormonal (ménopause), facteurs génétiques) et les facteurs locaux, qui vont modifier la cinématique de l'articulation et donc la répartition des charges (antécédents de blessures ou de traumatismes ostéoarticulaires (lésions méniscales, ligamentaires, tendineuses, fractures, luxations, etc.), instabilité articulaire, faiblesse musculaire ou une anomalie des axes des membres inférieurs) (Gelber et al. 1999, Cooper et al. 2000, Arden and Nevitt 2006).

3.5.1.3.2.1 Etudes *in vitro*

Plusieurs études *in vitro* ont étudié l'effet des charges (contraintes) sur la dégradation du cartilage. Adams et al. ont montré à partir de la mesure directe de pression sur les articulations de hanche de cadavres, que durant des simulations de charge équivalente à une AP modérée (du niveau de la marche), on mesurait des pressions sur la surface articulaire d'environ 4,93 et 9,57 MN/m² (mega-newtons/m²), qui n'étaient pas suffisantes pour entraîner une dégradation du cartilage (Adams et Swanson 1985). Repo et al. ont montré, après analyse par microscopie électronique (scanning electron microscopy), que la destruction des structures cartilagineuses et la mort des chondrocytes ne se produisaient pas, tant que la charge appliquée restait en dessous de 25 MN/m², cette charge dépassant de loin la charge appliquée lors des activités physiques normales (Repo and Finlay 1977, Adams and Swanson 1985). En revanche, l'association simultanée de contraintes de cisaillement avec des contraintes axiales en compression, limiterait la capacité de l'articulation à distribuer les forces à travers la matrice du cartilage et de l'os sous-chondral (Radin and Burr 1984, Mow et al. 1984, Newberry et al. 1998, Hansen et al. 2012). L'augmentation de la fréquence des cycles de charge entraînerait également une aggravation de lésions cartilagineuses (Weightman et al. 1978, Zimmerman et al. 1988).

3.5.1.3.2.2 Etudes épidémiologiques

La plupart des études épidémiologiques s'accordent également pour montrer que le risque d'arthrose lié à l'AP est fonction essentiellement du type de pratique (impact élevé ou faible) et de son intensité (Cooper and Coggon 1999). La plupart des études ont en effet montré que les activités d'endurance (activité dynamique en charge d'intensité modérée) comme certaines activités dynamiques, en charge et d'intensité élevée n'entraînaient pas de risque majeur d'arthrose et pourraient avoir des effets bénéfiques sur le cartilage (Rannou et al. 2001, Felson et al. 2007). Les activités dynamiques d'intensité élevée et à impact élevé, de type sport collectif avec contraintes en cisaillement, entraîneraient, en revanche, un risque plus élevé d'arthrose (Hunter et al. 2009).

AP dynamique d'intensité modérée sans impact en charge élevé

Hootman et al. dans une étude observationnelle prospective de cohorte, ont interrogé plus de 5000 personnes n'ayant pas de manifestation clinique d'arthrose de genou ou de hanche, sur le volume d'AP qu'ils pratiquent. La quantité d'AP était mesurée en terme d'intensité, de fréquence et de durée, et en terme de contraintes articulaires (Hootman et al. 2003). Sur un suivi de 4, 9 et 13 ans, les auteurs ne retrouvaient pas d'association entre le diagnostic d'arthrose posé par le médecin traitant et auto-rapporté par le patient et les contraintes articulaires liées à l'AP, quelle que soit la pratique (marche, course à pied, vélo, natation, sport de raquette, autres sports, étirement, renforcement musculaire, gymnastique suédoise, etc.). Toutefois, un biais de sélection de la population doit être considéré, dans la mesure où il s'agissait essentiellement de personnes en bonne santé, d'origine caucasienne, avec un niveau socio-économique élevé et un métier ne nécessitant pas d'activités en charge. Les résultats de cette étude montraient une association entre le développement et la progression de l'arthrose et l'âge, l'IMC et un antécédent de traumatisme articulaire. Ces résultats sont en accord avec les trois études issues de la cohorte de Framingham ayant évalué le risque d'arthrose radiographique (asymptomatique ou symptomatique) en fonction du niveau d'AP chez les sujets âgés. Les auteurs n'ont pas retrouvé d'augmentation du risque d'arthrose lors de la pratique d'AP d'endurance (dynamique, intensité légère à modérée, comprenant de la course à pied) (Hannan et al. 1993, McAlindon et al. 1999, Felson et al. 2007).

AP dynamique d'intensité élevée à impact modéré

L'étude rétrospective cas-témoin de Thelin et al. (2006) dans la population générale, a comparé 825 personnes ayant une arthrose fémoro-tibiale radiographique par rapport à 825 sujets contrôles. Cette étude a montré que, parmi les hommes, il n'y avait pas de risque plus élevé de gonarthrose avec la pratique de sports tel que l'athlétisme et le ski de fond. Ces résultats ont permis de confirmer les conclusions d'études plus anciennes (Kohatsu et Schurman 1990, White et al. 1993, Hootman et al. 2003).

- *Cas particulier des coureurs de longue distance*

Les résultats concernant le risque d'arthrose et la pratique de la course de longue distance sont plus hétérogènes. Cheng et al. (2000) ont suivi, dans une étude de cohorte prospective, 17 000 patients entre 1970 et 1995. Ils ont étudié la relation entre le niveau d'AP auto-rapporté et le diagnostic d'arthrose posé par un médecin et rapporté par le patient. Seul le fait de courir plus de 32 km par semaine était associé avec le diagnostic d'arthrose et uniquement chez les hommes de moins de 50 ans. Cette relation n'était pas retrouvée chez les hommes de plus de 50 ans ni chez les femmes. Les antécédents de blessures n'étaient pas pris en compte comme facteur confondant et le diagnostic d'arthrose était auto-rapporté par le patient ce qui limite la portée de cette étude. Chakravarty et al. (2008) ont comparé 45 coureurs de longue distance à 53 sujets contrôles, âgés de 58 ans en moyenne (50 à 72 ans) dans une étude observationnelle prospective de cohorte. Une analyse multivariée en régression multiple, ajustée avec les covariables telles que l'âge, le sexe, l'IMC, le niveau d'éducation, la radiographie initiale et le score d'incapacité fonctionnelle, a été réalisée. La plupart des sujets n'avait pas de lésion initiale d'arthrose radiologique (6,7 % chez les coureurs et aucun chez les sujets contrôles). Après 12 ans de suivi, les coureurs n'avaient pas une prévalence plus élevée d'arthrose (20 vs 32%, $p = 0,25$) ni plus de cas d'arthrose sévère (2,2 % vs 9,4%, $p = 0,21$) que les sujets contrôles. L'analyse en régression a montré que le poids initial, les lésions radiographiques initiales et la durée entre les deux radiographies étaient associés avec les scores les plus sévères d'arthroses radiologiques.

D'autres études menées sur une population de coureurs réguliers et expérimentés, n'ont pas non plus retrouvé d'augmentation du risque d'arthrose chez des marathoniens (Puranen et al. 1975), les coureurs de longue distance (en moyenne de 20 à 40 km/sem) (Panush et al. 1986, Lane et al. 1986, Lane et al. 1993, Lane et al. 1998, Konradsen et al. 1990) ou des collégiens pratiquant du cross-country (Sohn and Micheli 1985).

AP dynamique d'intensité élevée à impact élevé

- *Population générale*

Thelin et al. (2006) dans une étude rétrospective cas-contrôle ont comparé 825 personnes ayant une arthrose fémoro-tibiale radiographique à 825 sujets contrôles. Les résultats ont montré que parmi les hommes, ceux qui pratiquaient le football, le hockey sur glace ou le tennis avaient un risque plus élevé de gonarthrose, alors qu'il n'y avait pas de lien avec la pratique de sports tels que l'athlétisme, la course à pied et le ski de fond (Thelin et al. 2006). Après analyse en régression multiple avec ajustement aux autres facteurs confondants (poids, taille, tabac, facteurs familiaux et métier), hors antécédents de blessures, seuls le football et le hockey sur glace restaient significativement associés à la gonarthrose (Thelin et al. 2006). En comparant des sujets inactifs à des sujets pratiquant des AP d'intensité élevée et à forts impacts, d'autres études ont suggéré que celles-ci entraîneraient un risque significativement plus élevé d'arthrose (Lane and Buckwalter 1999, Vingård et al. 1998, Sandmark et al. 2000). Les données sur l'AP collectées rétrospectivement et l'analyse des résultats qui ne prend pas en compte tous les facteurs connus de l'arthrose, dont celui d'avoir eu une BMS dans les antécédents, constituent une limite majeure pour l'interprétation de ces études.

La plupart des travaux montrent que l'augmentation du risque d'arthrose en rapport avec le sport intensif est, en effet, essentiellement liée aux antécédents de blessures, eux-mêmes liés à la pratique de sports de contact à impacts élevés (Kujala et al. 1995, White et al. 1993, Conaghan 2002, Eckstein et al. 2005). Les études prenant en compte les antécédents de BMS d'origine traumatique montrent qu'il s'agit là du facteur principal d'arthrose liée à l'AP (Lane and Buckwalter 1999, Cooper et al. 2000, Manninen et al. 2001). Dans l'étude rétrospective cas-contrôle de Sutton et al. (2001) réalisée en Grande-Bretagne 216 sujets (sélectionnés à partir d'une enquête nationale de 4316 personnes), rapportant eux-mêmes la présence de gonarthrose, ont été comparés avec des sujets contrôles appariés en âge. Le seul facteur de risque fortement associé au risque d'arthrose était le fait de rapporter un antécédent de traumatisme du genou (OR = 8,0 ; IC95% = [2 – 32]). La plupart de ces traumatismes du genou étaient en lien avec la pratique d'un sport de contact. Dans cette étude, les sujets ayant des articulations saines et participant à des activités à faible impact n'avaient, indépendamment d'une blessure articulaire, pas de risque supplémentaire de développer une arthrose du genou ou de la hanche, à long terme.

- *Athlètes de compétition*

L'effet délétère de l'AP intensive à impact élevé sur le cartilage a été en revanche mieux démontré dans cette population, bien qu'il ne s'agisse, pour la plupart, que d'études rétrospectives (Lindberg et al. 1993, Kettunen et al. 2001). Dans l'étude de Marti et al. (1989) des radiographies ont été effectuées sur d'anciens athlètes d'un âge moyen de 42 ans : 27 coureurs de longue distance (> 105 km /sem), 9 coureurs de bobsleigh et 23 sujets témoins. Une arthrose de hanche radiographique a été retrouvée chez 19 % des coureurs, mais dans aucun des autres groupes. L'âge, le nombre de kilomètres effectués par semaine et le rythme de course étaient les facteurs prédictifs de l'arthrose radiographique. Ce risque d'arthrose chez les athlètes a également été étudié en fonction du type de sport pratiqué. Dans l'étude rétrospective cas-contrôle de Kujala et al. (1994), les auteurs ont comparé le taux d'admission hospitalière pour arthrose des membres inférieurs entre des athlètes d'élites et un groupe contrôle apparié en âge. La comparaison était également effectuée en fonction du type de sport pratiqué : sports d'endurance (course de longue distance, ski de fond), sports collectifs (football, hockey sur glace, basket-ball, athlétisme) et sport en puissance (boxe, lutte, haltérophilie, lancer). Les athlètes avaient un taux d'admission plus élevé que les sujets contrôles et les pratiquants de sports collectifs et de puissance avaient un risque plus élevé d'admission en centre hospitalier pour arthrose que les athlètes pratiquant des sports d'endurance.

A la différence des activités dynamiques d'intensité modérée à élevée sans impact important, la pratique d'une AP d'intensité élevée et à fort impact constitue un facteur de risque d'arthrose, probablement du fait de lésions traumatiques et cela d'autant plus qu'elle est pratiquée en compétition.

L'évaluation du niveau d'AP auto-rapporté et le biais de sélection des populations, en particulier chez les coureurs, constituent les limites principales de ces études. De plus, l'ensemble des autres facteurs de risques identifiés de l'arthrose n'est pas toujours pris en compte.

3.5.1.4 Mesures préventives

L'Expertise collective Inserm (2008) a évoqué l'efficacité de certaines mesures préventives telles que la modification des règles du jeu (en sports collectifs), du programme d'entraînement ou le port de protections.

Au cours des dix dernières années, le nombre de publications ayant trait à la prévention des accidents et blessures liés à la pratique d'activités physiques et sportives a nettement augmenté (McBain et al. 2012, Klügl et al. 2010). Les travaux sur la prévention des accidents liés aux activités physiques et sportives se sont multipliés depuis 2007 et la revue de question de Aaltonen et al. (2007) signe l'importance actuelle de la recherche dans ce domaine. L'exposition à des facteurs de risque extrinsèques, telles que les conditions environnementales ou les interactions avec d'autres joueurs, est parfois difficile à maîtriser. Inversement, parmi les facteurs ayant un effet sur le risque de blessure, l'équipement et le matériel constituent des éléments non négligeables sur lesquels il est aisé d'intervenir. Concernant les facteurs de risque intrinsèques, la condition physique, la force musculaire, la motricité et les habiletés sportives peuvent être nettement améliorées par l'entraînement (Leppänen et al. 2014). Dans le milieu sportif, la plupart des programmes d'entraînement conçus pour prévenir les blessures vise à renforcer les capacités intrinsèques des athlètes pour influencer sur ces facteurs de risque. Cependant, l'interprétation des travaux cherchant à valider le rôle préventif de stratégies de préparation physique reste difficile ; l'influence d'un facteur particulier parmi la variété des paramètres et des exercices s'avère complexe à évaluer de façon objective (Leppänen et al. 2014).

3.5.1.4.1 Matériel et équipement

3.5.1.4.1.1 Chaussures et semelles

Certains travaux ont porté sur l'incidence des semelles dans la réduction du risque de blessures des membres inférieurs chez les militaires (Smith et al. 1985, Larsen et al. 2002, Finestone et al. 2004, Franklyn-Miller et al. 2011, Withnall et al. 2006, Matila et al. 2011, Milgron et al. 1985, Schwelinus et al. 1990). Dans l'ensemble, des résultats positifs ont été rapportés : l'utilisation de semelles adaptées ont permis de réduire le risque de blessures, de 30 à 50% selon la méta-analyse de Leppanen et al. (2014).

Les semelles orthopédiques sont largement utilisées pour prévenir les blessures dues aux contraintes trop fortes. La preuve de leur efficacité n'est pas uniformément admise. Certains auteurs n'observent pas d'effet préventif de ce matériel (Mattila et al. 2011, Withnall et al. 2006), tandis que d'autres ont montré que l'utilisation de semelles orthopédiques peut, dans un premier temps, limiter les blessures des membres inférieurs et les fractures de fatigue du tibia (Hume et al. 2008).

Les semelles amortissantes peuvent être efficaces dans la réduction de l'incidence des fractures de fatigue (Rome et al. 2009). Leur efficacité est plus discutable dans la réduction des traumatismes des tissus mous des membres inférieurs, en course à pied (Yeung et al. 2011). Une revue systématique Cochrane récente, ayant inclus 25 études soit plus de 30200 participants, visait à évaluer l'efficacité des interventions de prévention des BMS liées à la pratique de la course à pied (Yeung et al. 2011). Les populations étudiées étaient diverses : militaires (19 études), coureurs issus de la population générale (3 études), footballeurs (1 étude) ou prisonniers (2 études). L'étude systématique de Yeung et al. (2011) rapporte le travail interventionnel de Larsen (2002) réalisé chez des militaires (1 étude ; 146 participants) et conclut que le port de semelles

orthopédiques faites sur-mesure est plus efficace que l'absence de semelles dans la prévention des périostites antérieures.

Des travaux plus anciens ont étudié les effets liés à la modification des chaussures lors de la pratique. L'étude de Milgrom et al. (1992), réalisé chez des joueurs de basket-ball et des militaires, n'a pas démontré de réduction du risque de blessure liée à l'utilisation de différents types de chaussures. La revue systématique Cochrane, présentée précédemment, a également rapporté une absence d'effet, de l'utilisation de chaussures de course adaptées à la morphologie du pied par rapport à des chaussures standards (2 études ; 5 795 participants).

3.5.1.4.1.2 Équipements de protection

L'importance des équipements de protection (du tibia, du poignet, du genou, de la cheville, de la tête) a été étudiée dans une méta-analyse récente. Leppänen et al. (2014) ont analysé l'influence de ces équipements dans dix essais cliniques (13 808 sujets) portant sur des pratiques variées (football, basket-ball, athlétisme, parachutisme, etc.). Ils concluent à une forte réduction du risque de blessure. D'autres études ont porté sur la protection de survenue de pathologies articulaires spécifiques.

Cheville

Tropp et al. (1985), Mohammadi et al. (2007), Mc Guine et al. (2011 et 2012) ont évalué l'influence de protections de la cheville (dont des stabilisateurs) chez plus de 6 000 sujets, hommes et femmes, pratiquant le basket-ball, le football, le football américain, et chez des militaires parachutistes. Ils constatent une réduction significative du risque de blessures à la cheville chez les sujets équipés comparés aux sujets non équipés.

Genoux

De même, l'usage de genouillères prophylactiques réduit significativement le nombre de blessures du genou lors de la pratique du football (Sitler et al. 1990). Dans l'étude Cochrane citée ci-dessus, les orthèses fémoro-patellaires semblent efficaces pour la prévention des syndromes fémoro-patellaire (2 études ; 227 participants). Ben Gal et al. (1997) ont évalué l'efficacité d'une orthèse fémoro-patellaire (silicone patellar ring support) par rapport à l'absence d'orthèse, pour la prévention du syndrome fémoro-patellaire chez des coureurs à pied issus de la population générale. Leurs résultats montrent une amélioration significative du port d'orthèse sur les douleurs antérieures de genou. Le port de ces matériels apparaît donc comme une mesure préventive intéressante.

Poignets

Ronning et al. (2001), Machold et al. (2002) ont évalué l'influence de protections des poignets chez 5 750 sujets. Celles-ci se sont montrées efficaces en particulier chez les snowboarders.

Tête et crâne

La pratique des activités à risques élevé de traumatismes crâniens comporte un risque vital (cyclisme, moto, football américain, etc.) et le port du casque est désormais obligatoire. Son efficacité a effectivement été démontrée pour limiter la gravité du traumatisme crânien en cas de chute ou de collision (Thélot 2009). Si l'intérêt du casque est démontré dans ces AP, il ne l'a pas été dans les AP où le rachis cervical, la tête et le crâne sont exposés à des traumatismes peu violents mais répétés. Après avoir testé deux types de coiffures différentes sur 4 095 joueurs de rugby, McIntosh et al. en 2009, n'observent pas d'effet préventif notable. Tout ceci amène Leppänen et al. (2014), à rester prudents dans leurs conclusions quant aux effets des matériels de protection de la tête sur le risque de ce dernier type de traumatisme.

Finch et al. (2005) notent, sur des joueurs de football australien (301), lors de l'utilisation de protège-dents, une diminution des traumatismes oro-faciaux alors que les résultats de Barbic et al. (2005) ne montrent pas de diminution des lésions bucco-faciales avec le port d'un protège-dent, chez des universitaires américains pratiquant le rugby ou le football américain.

En conclusion, parmi les recommandations importantes et de bon sens, il convient d'insister sur la nécessité d'utiliser un équipement et du matériel parfaitement adaptés à l'activité pratiquée. Ainsi, une chaussure conçue pour la course à pied est totalement inadaptée à la pratique de sports collectifs. Il ne faut pas hésiter à demander l'avis de professionnels qualifiés. Il est évidemment impératif de respecter les règles de sécurité associées à la pratique d'activités à haut risque de chutes, de choc ou de traumatismes, comme le port du casque pour la pratique du vélo, de protège-tibias en football, ou des divers équipements de protections en rollers, etc. Dans les activités utilisant du matériel (vélo, sports de raquette, ski, etc.), il faut s'assurer que le matériel est en bon état et parfaitement réglé. La tenue vestimentaire est un autre point important. Même par temps chaud, il est indispensable de se couvrir en portant des vêtements légers, amples et clairs ainsi qu'une coiffure. Toutes ces recommandations d'usage sont essentielles et diminuent largement le risque d'accidents divers et de traumatismes.

3.5.1.4.2 Caractéristiques de l'activité physique

Chez des débutants, Buist et al. (2008) ont évalué l'efficacité d'un programme progressif d'entraînement sur l'incidence des BMS liés à la course chez 486 coureurs débutants se préparant à une course de 6,5 km. Cette étude randomisée contrôlée (ERC) a comparé un programme d'entraînement progressif (augmentation contrôlée de 10 % de la charge/semaine) d'une durée de 13 semaines par rapport à un programme standard de 8 semaines. Les résultats n'ont pas montré de diminution significative des BMS dans le groupe entraînement progressif par rapport au groupe entraînement standard.

Chez des sujets entraînés, une étude a montré une augmentation significative de périostite tibiale antérieure lors d'une augmentation de l'entraînement chez des militaires de la marine (1 étude ; 1670 participants). La méthode de cette étude était toutefois discutable. D'autres études ont montré des BMS moins fréquentes chez des prisonniers lorsque la durée de la course (1 étude ; 69 participants) ou sa fréquence (1 étude ; 58 participants) sont diminuées.

3.5.1.4.3 Étirements et souplesse

L'influence des étirements sur la prévention des blessures a été peu étudiée. Quatre études ont évalué ces effets sur les blessures des membres inférieurs (4 812 sujets au total) (Bello et al. 2011, Jamtvedt et al. 2010, Pope et al. 1998, Pope et al. 2000). Les résultats des études étaient homogènes et ont conclu à une absence d'effet des étirements sur le taux de blessures. Concernant le risque global de blessures, la plupart des études ont conclu à l'inefficacité des étirements (Small et al. 2008, Herbert et al. 2002, Thacker et al. 2004). Certaines revues de question ont cependant noté un effet favorable sur la réduction des risques de lésions musculotendineuses (Small et al. 2008, Mc. Hugh et al. 2010) et d'entorses ligamentaires (Small et al. 2008). Il est donc nécessaire de mener d'autres études avant de conclure sur le rôle préventif des étirements (Thacker et al. 2004, McHugh et al. 2010).

Certains travaux (Thacker et al. 2004) ont indiqué un risque traumatique supérieur chez les sujets peu souples ou, à l'inverse, très souples. Il est notamment admis que le risque d'entorse du genou est 3 à 5 fois plus élevé chez les sujets de sexe féminin comparés à des sujets de sexe masculin (Myklebust et al. 1997, 1998), en raison d'une plus grande laxité de cette articulation chez les jeunes femmes.

Thacker et al. (2004) ont conclu, malgré tout, que la pratique d'exercices de souplesse n'a pas d'effet significatif sur le risque de blessures lors des AP, chez des sujets dont la souplesse constitutionnelle est satisfaisante, qu'il s'agisse de sportifs de compétition ou de loisir.

Malgré tout en prévention des BMS les plus fréquentes, liées à la course à pied, les mesures de prévention principales proposées dans ce type de sports restent les étirements. Ceci même si dans l'étude Cochrane citée ci-dessus les exercices de stretching ne réduisent pas vraiment l'incidence des BMS (6 études ; 5 130 participants).

Inversement, pour certains auteurs (Shrier 1999), la pratique d'exercices de souplesse contribue à diminuer la stabilité articulaire et la capacité des tendons et des muscles à amortir les contraintes mécaniques à haut risque traumatique. Elle pourrait favoriser, en outre, l'adoption de postures inadéquates.

Si les qualités de souplesse constituent un élément important de la condition physique, les auteurs de la méta-analyse prennent soin de conclure avec beaucoup de prudence, soulignant que des études complémentaires, rigoureusement contrôlées et standardisées, doivent être menées sur des grands échantillons de sujets, aux niveaux de pratique très différents, incluant des pratiquants occasionnels. Pour une meilleure prévention du risque traumatique, les auteurs insistent sur l'importance de l'échauffement avant la réalisation de toute pratique physique (Safran et al. 1989) et sur l'entretien de la condition physique.

3.5.1.4.4 Échauffement

L'échauffement permet d'augmenter le débit sanguin musculaire, la vitesse de conduction de l'influx nerveux, l'apport d'oxygène et de substrats énergétiques aux muscles actifs tout en favorisant l'élimination des produits de dégradation. Il contribue aussi à diminuer l'énergie nécessaire à la mise en jeu des réactions cellulaires et il atténue la viscosité musculaire, rendant le muscle plus souple et déformable (Shellock et al. 1983). Toutes ces adaptations préparent l'organisme à la réalisation d'un exercice d'intensité élevée en accélérant le métabolisme et en diminuant l'inertie musculaire. Elles contribuent ainsi à améliorer l'efficacité mécanique, l'amplitude des mouvements ainsi que la force et la vitesse de contraction du muscle.

L'échauffement pourrait également jouer un rôle en prévention des blessures. Différentes études ont également rapporté un effet préventif (Gilchrist et al. en 2008, Longo et al. en 2012, Olsen et al. 2005, Soligard et al. 2008, van Beijsterveldt et al. 2012, Steffen et al. 2008, Walden et al. 2012). Ces études (13 817 sujets) avaient intégré des échauffements en début de séance d'AP.

Quelques résultats restent parfois contradictoires (Fradkin et al. 2006) et ne montrent pas l'efficacité de l'échauffement. Ceci peut s'expliquer par la diversité des échauffements proposés. En s'appuyant sur la toute récente revue de question de Leppänen et al. (2014) qui reprend l'ensemble des travaux (huit essais et 13817 sujets), on peut dire que, d'une façon générale, l'échauffement permet de réduire le risque de blessures sportives.

3.5.1.4.5 Renforcement musculaire

La méta-analyse de Leppänen et al. (2014) a permis de conclure aux effets favorables de l'entraînement de force sur la réduction significative du risque de blessures. Les résultats sont assez homogènes, malgré l'existence d'une étude n'ayant pas trouvé d'effet significatif de l'entraînement en musculation sur l'incidence des entorses de la cheville (Mohammadi et al. 2007).

3.5.1.4.6 Motricité

L'entraînement de l'équilibre et de la proprioception peut améliorer l'équilibre statique et dynamique comme le contrôle postural lors d'activités sportives. Cette pratique peut réduire le risque de blessures (Emery et al. 2005). Elle améliore de surcroît le contrôle neuromusculaire. Les résultats actuels confirment l'intérêt de l'entraînement utilisant la planche d'équilibre qui semble efficace, en particulier en réduisant le risque de pathologies traumatiques de la cheville. Ces résultats peuvent être étendus aux autres blessures du membre inférieur lorsque ce type d'exercice est intégré à l'entraînement général du sportif (Leppänen et al. 2014). Selon ces

auteurs, lorsque l'entraînement comporte des exercices de proprioception, d'équilibre, de coordination, de motricité, les résultats démontrent leur efficacité préventive dans 80 % des cas. Il faut ajouter que s'exercer soi-même à domicile peut être aussi efficace et ludique qu'un exercice supervisé (Leppänen et al. 2014).

Les exercices de proprioception, d'équilibre, de coordination et de motricité pourraient participer à diminuer le risque de blessures.

3.5.1.5 Conclusion

Les risques traumatiques induits par les activités physiques ne doivent pas être négligés et méritent une attention particulière des intervenants du secteur de la prévention. Les accidents sont plus fréquents chez les individus de sexe masculin et chez les adultes jeunes, qui sont les pratiquants les plus nombreux, s'engageant souvent dans des pratiques compétitives. Ils sont moins fréquents mais souvent plus graves chez les pratiquants expérimentés que chez les débutants. La gravité et le taux de blessures sont faibles dans la plupart des AP de loisir (marche rapide ou « nordique », course, etc.), pratiquées à des fins d'amélioration de l'état de santé. Le nombre total de blessés est toutefois élevé, en raison du grand nombre de sujets concernés. Le plus souvent, les traumatismes résultent de l'association de plusieurs facteurs de risque cumulatifs qui interagissent. Ceci souligne l'intérêt des travaux visant à mieux comprendre les mécanismes sous-jacents afin de renforcer les stratégies de prévention dans ce domaine. Pour autant, il est important de souligner que, dans l'ensemble, la pratique des activités physiques de loisirs permet à long terme de retarder ou de limiter l'apparition des lésions dégénératives de type arthrosique.

Risques traumatiques liés à la pratique d'activité physique

Prévalence et nature des risques traumatiques

- Le risque traumatique global des activités physiques est difficile à évaluer. Il varie largement selon la méthode utilisée, le type d'activité, le contexte (loisir ou compétition) et selon les pays.
- En France, l'incidence est plus élevée chez les sujets jeunes et chez les sujets de sexe masculin. De même, le niveau de gravité est plus fort dans ces populations.
- Les membres, surtout inférieurs, sont les plus touchés et l'entorse est la blessure la plus fréquente. Les blessures sévères représentent environ 23 % de l'ensemble des traumatismes induits par la pratique.

Mécanismes

- Le traumatisme résulte le plus souvent de l'interaction complexe de multiples facteurs de risque intrinsèques (âge, genre, composition corporelle, expertise et niveau technique, charge d'entraînement, antécédents de traumatismes, déséquilibres posturaux, profil psychologique, etc.) et extrinsèques (caractéristiques du sol et de l'environnement sportif, facteurs climatiques, matériel, équipements, etc.).
- Le poids relatif de chacun de ces facteurs dans l'apparition de lésions de l'appareil locomoteur reste souvent à démontrer.

Conséquences à long terme

- Les études cherchant à évaluer, chez les anciens sportifs, les séquelles à long terme de traumatismes anciens, sont peu nombreuses et il est difficile de conclure. La plupart des lésions sont de nature dégénérative.
- La pratique d'activités physiques dynamiques, en charge, d'intensité modérée à élevée, sans impact important n'entraîne pas de risque d'arthrose.

- Chez les coureurs expérimentés, non compétiteurs, la course à pied de longue distance n'est pas un facteur de risque de développer de l'arthrose.
- Les activités physiques à impact élevé, pratiquées de façon intensive, est à plus haut risque d'arthrose, surtout si elles sont associées à un antécédent de blessures musculo-squelettiques ou à la pratique d'un sport en compétition.

Pistes de prévention

- Les semelles orthopédiques et amortissantes présentent un intérêt alors que le type de chaussures semble avoir peu d'impact.
- L'intérêt des équipements de protection est très lié au type d'AP pratiquée.
- Chez des experts, l'augmentation de la quantité totale d'AP entraîne une augmentation des blessures.
- Les étirements ne semblent pas avoir d'effet sur la diminution des blessures.
- L'échauffement pourrait avoir un effet préventif ; il est toutefois difficile de conclure au vu de la diversité des études et des pratiques.

3.5.2 Risques cardio-vasculaires liés à la pratique d'activité physique

L'Expertise collective Inserm (2008) a rappelé l'existence de risques sanitaires liés à la pratique d'une AP chez les personnes ayant déjà une maladie cardiovasculaire. Ces risques sont principalement liés à des efforts d'intensité élevée et inadaptés aux capacités du sujet ainsi qu'à l'instabilité des plaques d'athérome. Conjugué à d'autres facteurs thrombotiques, cela peut provoquer une rupture partielle ou totale de plaques d'athérome avec constitution d'un thrombus à l'origine d'un infarctus du myocarde avec risque de mort subite. Chez les pratiquants non connus pour être porteurs d'une maladie cardiovasculaire, la mort subite peut aussi être provoquée par un exercice physique d'intensité élevée.

Bien que le risque de survenue de pathologies cardio-vasculaires soit diminué par la pratique régulière d'une AP (cf. 3.3.4), l'AP d'intensité élevée et très élevée est reconnue pour augmenter le risque de mort subite (Albert et al. 2000, Siscovick et al. 1984). La majorité des études de prévalence a concerné la survenue de mort subite chez des sportifs de haut niveau (Maron et al. 2009, Schmied and Borjesson 2014, Shabana et al. 2013) et les études réalisées sur la population générale active sont beaucoup plus rares.

Dans la population générale française, la mort subite est un problème de santé publique : 40 à 50 000 cas surviennent chaque année, avec un taux de survie n'excédant pas 3 % (Centre d'analyse stratégique 2013). Il est difficile d'évaluer l'incidence de ces morts subites, compte tenu de l'absence d'enregistrement systématique des cas survenant à l'extérieur de structures de soins. En 2008, cette incidence a été estimée à 53 cas pour 100 000 personnes par an, en région parisienne (Empana et al. 2008). Elle est cependant très variable selon les sources et oscille entre 36 et 128 cas pour 100 000 personnes par an (Albert et al. 2001, Chugh et al. 2004, Herlitz et al. 2000).

Concernant les morts subites non traumatiques (non liées à un accident corporel entraînant des blessures d'issue fatale) survenant par année, pendant une AP, une large étude réalisée en France sur la période 2005-2010 a permis d'estimer à 4,6 le nombre de cas par million d'habitants (IC= [3,9 - 5,3]), (Marijon et al. 2011). Cette incidence annuelle (4,6/million d'habitants) restait très inférieure à celle des morts subites survenant dans la population générale, en dehors de toute AP (de 360 à 1280/million d'habitants) (Empana et al. 2008).

En population générale, l'âge moyen de survenue de la mort subite est de 65 ans ; cet évènement est très rare chez les moins de 35 ans. Certains de ces décès surviennent pendant ou au décours immédiat (délai d'une heure) d'un exercice physique d'intensité moyenne ou élevée, ce qui permet de caractériser ainsi les « morts subites liées au sport » (Empana et al. 2008). Cette étude a mis en avant qu'il s'agissait très majoritairement d'hommes (environ 95 % des cas, soit un ratio de 20

hommes pour 1 femme), avec un âge moyen de 46 ans (éventail de 11 à 75 ans). Les victimes d'une mort subite liée au sport étaient majoritairement des pratiquants réguliers (85,5%) (Marijon et al. 2011) ; 13% d'entre eux ont présenté des signes cliniques d'appel dans les jours qui précédaient l'accident. La mort subite survenait le plus souvent pendant la pratique sportive (92 %), parfois dans les 30 minutes qui suivaient l'arrêt de l'exercice (7,4 %). Les risques de survenue de mort subite à l'effort ou d'infarctus du myocarde au cours d'exercices intenses sont d'autant plus élevés que cette pratique concerne des sujets ayant été inactifs pendant une longue période de leur vie (Metkus et al. 2010). L'incidence de mort subite liée au sport était plus forte chez les jeunes (10 à 35 ans) qui avaient une pratique sportive en compétition que chez les jeunes de la même tranche d'âge qui avaient une pratique de loisir (9,8 contre 2,2 cas par million d'habitants et par an, IC = [3,7 - 16]). Par ailleurs, chez les 10-35 ans, la pratique d'exercices physiques d'intensité élevée a augmenté le risque de mort subite d'effort d'un facteur 16,9 (Albert et al. 2000).

Ainsi, les exercices d'intensité élevée augmentent le risque de mort subite pendant ou dans l'heure qui suit l'exercice. Cette réalité peut être illustrée par le risque plus fort de survenue d'une mort subite chez des jeunes sportifs pratiquant en compétition (10 à 35 ans) (9,8 cas par million d'habitants et par an), que chez des jeunes non régulièrement entraînés (ou sédentaires) (2,2 par million d'habitants et par an) (Marijon et al. 2011).

L'identification d'une origine exacte de la mort subite est peu fréquente (pas plus de 25 % de diagnostic posé pour les morts subites liées à l'exercice survenant dans la population générale) (Marijon et al. 2011). Lorsqu'un diagnostic était posé, celui-ci était d'origine cardio-vasculaire dans 98 % des cas et lié à un syndrome coronarien aigu dans près de 75 % des cas.

Dans un objectif de prévention de survenue de morts subites dans la population générale, et en dehors de toute pathologie connue, notamment d'origine cardio-vasculaire, des études apparaissent nécessaires pour mieux connaître l'origine de ces accidents, en identifiant les causes d'origine toxicologique et génétique. C'est par une meilleure connaissance de l'origine des morts subites liées au sport qu'il sera possible d'identifier les sujets génétiquement prédisposés et de prévenir des comportements et habitudes à risque.

Comment prévenir le risque de mort subite ?

Ce risque peut être limité à la double condition d'évaluer les risques individuels au moyen d'une consultation médicale avant de commencer tout programme de remise à l'exercice et de planifier une progression régulière et prudente des exercices physiques proposés, ce qui induit de proscrire les efforts d'intensité élevée et épuisants chez les sujets peu ou moyennement entraînés.

Il s'agit dans un premier temps de dépister les sujets les plus exposés par un bilan médical préalable à la reprise d'une activité sportive, après 35 ans chez les hommes et 45 ans chez les femmes. Afin de concrétiser ce dépistage de sujets à risque de mort subite au cours de l'exercice, la question s'est posée de l'intégration d'un ECG de repos dans la visite de non contre-indication à la pratique du sport en compétition. C'est à la suite du consensus publié par la Société Européenne de Cardiologie (Corrado et al. 2005) que des représentants de différentes sociétés savantes françaises de cardiologie se sont prononcées sur l'intérêt de la réalisation systématique de l'ECG 12 dérivations de repos au cours de la visite de non contre-indication à la pratique du sport en compétition. Cet examen de repos est ainsi recommandé pour tout demandeur de licence pour la pratique d'un sport en compétition à partir de 12 ans, lors de la délivrance de la première licence, renouvelé ensuite tous les 3 ans, puis tous les 5 ans à partir de 20 ans et jusqu'à 35 ans.

Le respect de règles de pratique générale, comme l'échauffement préalable, l'abstention d'exercice physique à la chaleur ou au froid, l'arrêt du tabac, la consultation médicale en cas de douleur thoracique survenant à l'effort, de malaise ou de palpitation, devrait aussi contribuer à réduire l'incidence des morts subites liées à l'AP dans la population générale ne présentant aucune pathologie connue. Toutes ces règles ont été colligées et sont diffusées par le club des cardiologues du sport (10 règles d'or de la bonne pratique sportive sur le plan cardio-vasculaire ; Club des cardiologues du sport 2006 ; cf. annexe 2). De plus, la cible à atteindre doit l'être avec

beaucoup de progressivité et la recommandation d'une activité plus d'intensité élevée ou plus longue doit impérativement faire suite à un contrôle de parfaite tolérance de la charge de travail antérieure.

Risques cardio-vasculaires liés à la pratique d'activité physique

- En population générale, l'incidence annuelle des morts subites est de 53 cas pour 100 000 personnes. Au cours de la pratique sportive, l'incidence annuelle des morts subites a été évaluée à 4,6 cas par million d'habitants.
- La mort subite liée au sport survient chez des pratiquants réguliers (85,5 %), majoritairement chez des hommes (95 %) d'environ 46 ans (contre 65 en population générale), et ayant un passé de comportement d'inactif.
- Ces évènements surviennent pendant la pratique (92 %) ou dans les 30 minutes suivant l'arrêt de la pratique (7,4 %).
- 13 % des victimes d'une mort subite ont présenté des signes prémonitoires dans les jours précédant l'accident.
- Lorsqu'une origine est retrouvée à la mort subite, ce qui reste rare, elle est cardio-vasculaire dans 98 % des cas, et liée à un syndrome coronarien aigu dans près de 75 % des cas.

Pistes de prévention

- Proscrire les efforts d'intensité élevée et épuisants chez les sujets peu ou moyennement entraînés, respecter une progression régulière des exercices proposés
- Respecter ou promouvoir les règles de bonne pratique générale (cf. les 10 règles d'or de la bonne pratique sportive sur le plan cardio-vasculaire, cf. annexe 2)
- Dépister les sujets les plus exposés par un bilan médical préalable à la reprise d'une activité sportive, après 35 ans chez les hommes et 45 ans chez les femmes.
- A tout âge, il convient de réaliser un ECG de repos dont la fréquence dépendra de l'âge, des facteurs de risque cardio-vasculaires et du niveau de pratique.

3.5.3 Autres risques liés à la pratique d'activité physique

3.5.3.1 Dépendance et comportements compulsifs

L'Expertise collective Inserm (2008) explique que le phénomène d'addiction au sport est cliniquement incontestable, mais ne concerne qu'une fraction minoritaire de sujets pratiquant de façon intensive la course de fond ou le culturisme (nombre élevé de données pour ces deux disciplines). A la différence des sportifs de haut niveau (qui ont fait l'objet de peu d'études), les amateurs ne bénéficient pas d'un encadrement sportif ou d'un suivi médical pouvant prévenir le risque d'addiction. Cependant, la caractérisation de ce phénomène fait encore l'objet de discussions. Il pourrait également y avoir un lien entre l'addiction au sport et l'addiction à certaines substances (alcool, tabac, substances psychoactives, etc.) mais cela n'a pas été démontré.

L'engouement général pour la pratique de la course à pied, dans les années 1970, s'est traduit par une augmentation de la prévalence de pathologies directement liées à la pratique de l'AP (Lauer 2006). Parmi celles-ci, on retient des états de dépendance psychologique à la pratique d'AP.

Le concept émergent d'addiction comportementale, définissant la dépendance non plus uniquement à des substances (alcool, drogues, etc.) mais aussi à des comportements (jeux vidéo, internet, sexe, etc.), a permis d'étendre au sport cette notion d'addiction qui a été caractérisée de « positive », à l'inverse d'addictions « négatives » à l'alcool ou aux drogues (Glasser, 1985). A l'instar d'autres comportements addictifs, on peut considérer que l'état de dépendance au sport commence par des excès de pratique, par la recherche de sensations de plaisir et de désinhibition à la pratique sportive, ce qui va aboutir à l'installation d'un besoin irréprensible, et dans certaines situations, en cas d'impossibilité à pratiquer, par des signes de sevrage.

La prévalence des comportements de dépendance au sport est difficile à évaluer ; elle a été estimée à 0,4 à 0,5 % de la population générale, et à 2 à 3 % des sujets régulièrement actifs (Monok et al. 2012). Les difficultés rencontrées pour définir la prévalence de ces états reposent dans un premier lieu sur la difficile frontière à établir entre le niveau de pratique qui engendre des effets favorables pour la santé et celui qui induit des effets indésirables sur l'organisme. C'est probablement là que la définition initiale d'addiction positive trouve ses limites (Glasser, 1985) ; on peut en effet différencier l'investissement sans mesure dans une activité physique ou sportive chez des sujets pour qui cette activité tient une place importante mais non centrale dans leur vie, qui ne présentent pas d'effets néfastes pour la santé en cas d'arrêt de la pratique, des comportements addictifs chez des sujets pour qui la pratique du sport tient une place centrale dans leur vie, parfois associée à une rupture sociale et qui sont susceptibles de présenter des effets néfastes pour la santé en cas de rupture de pratique (Landolfi 2013). Dans cette dernière situation, le sujet passera outre l'altération de son état de santé pour continuer sa pratique, l'entraînant dans une spirale comportementale aux effets sanitaires graves (pathologies traumatiques à répétition, troubles de l'humeur, etc.) (Polivy et Clendenen 1993).

Ces états psychologiques sont principalement rencontrés dans le monde sportif, pour des disciplines qui nécessitent de grosses charges de travail à l'entraînement. Cependant, chez certains, la recherche d'une transformation corporelle qui résulte d'une pratique d'intensité élevée et de longue durée peut exposer à ce trouble comportemental (par exemple le culturisme). La nécessaire maîtrise de la programmation de l'entraînement et de la transformation corporelle confronte souvent l'individu aux limites de ses compétences psychomotrices. Certains sujets de nature « jusqu'au boutiste » sont particulièrement exposés à ce risque de dérive comportementale.

Hormis quelques situations particulières, le risque de comportement addictif au sport est très probablement faible dans la population générale pour laquelle l'objectif majeur reste bien de promouvoir la pratique de l'exercice physique. Les praticiens devront cependant rester vigilants face à la définition parfois démesurée d'objectifs de modification corporelle que peuvent se fixer certaines personnes, pouvant conduire à des comportements compulsifs pour la pratique de l'exercice.

Dépendance au sport et comportements compulsifs

- La pratique intensive du sport peut conduire à des dérives comportementales qui se traduisent par une dépendance psychologique à la pratique du sport, susceptible d'avoir des conséquences néfastes sur la santé ;
- ces comportements sont principalement rencontrés chez des sportifs très entraînés, adeptes de disciplines sportives combinées ou nécessitant de grandes charges d'entraînement ;
- ces comportements doivent être connus et dépistés car ils peuvent également concerner des sujets prédisposés, se fixant des objectifs personnels trop ambitieux ;
- l'exposition à ce risque ne concerne a priori pas la partie de la population générale à laquelle s'adressent les recommandations de pratique de l'AP et de limitation de la sédentarité dans l'objectif de l'amélioration de l'état de santé.

3.5.3.2 Risques liés à l'environnement de pratique

Le cinquième rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) publié en 2014, a clairement conclu que le réchauffement climatique actuel est sans équivoque, et est très probablement attribuable aux activités humaines. De plus, ce rapport conclut que les émissions récentes de gaz à effet de serre (GES), d'origine anthropique, sont les plus élevées de l'histoire.

L'Homme est donc appelé à travailler et s'activer dans des environnements climatiques de plus en plus chauds et caractérisés par une augmentation des événements extrêmes de température chaude. De plus, le climat est maintenant considéré comme étant un facteur influant sur la qualité de l'air, notamment en ayant un impact sur le comportement des agents polluants de l'atmosphère.

3.5.3.2.1 Activité physique à la chaleur

Sous nos latitudes, l'AP se pratique dans des conditions environnementales très variables. Les conditions de température et d'humidité peuvent considérablement varier d'un jour à l'autre, ce qui n'est pas sans risques pour la santé, en particulier lorsque l'AP est réalisé en climat chaud. Néanmoins la pratique régulière d'AP, à condition de bien respecter certaines recommandations, est le meilleur moyen de s'adapter à la chaleur.

3.5.3.2.1.1 Echanges de chaleur au cours de l'activité physique

Au cours de l'AP, le travail musculaire est une source constante de production de chaleur. Le débit de production de chaleur dépend de la nature et de l'intensité de l'exercice. L'homme étant un homéotherme, des mécanismes de thermolyse sont nécessaires afin de maintenir la température centrale dans une fourchette de variation compatible avec la vie. C'est pourquoi, toute élévation de la température centrale induit des adaptations visant à disperser la chaleur et à limiter le risque d'hyperthermie.

Au cours de la pratique, l'évaporation de l'eau sudorale sera le moyen le plus efficace de perdre de la chaleur. De nombreux facteurs liés aux conditions climatiques et environnementales conditionnent le niveau d'évaporation sudorale et donc des pertes hydro-électrolytiques. Les caractéristiques climatiques influent sur les pertes hydrominérales et les besoins qu'elles engendrent. Les pertes sudorales seront liées à la charge thermique (niveau de production métabolique liée au travail musculaire, chaleur radiative directe et indirecte, etc.) et à la thermolyse (pertes de chaleur par convection, efficacité de l'évaporation sudorale, etc.). A cet égard, on rappellera le rôle négatif joué par l'humidité relative de l'air ambiant qui pénalise l'évaporation de l'eau sudorale et la thermolyse.

Par ailleurs, face aux mêmes contraintes climatiques, on enregistre une très importante variabilité du débit sudoral suivant les sujets, avec des variations atteignant un facteur 3, ce qui entraîne une très grande variabilité des besoins en eau et électrolytes (Shirreffs et al. 2010). Par conséquent, l'amplitude des pertes sudorales, pour une activité donnée varie très largement selon les individus. Le genre et l'âge sont deux autres facteurs intrinsèques qui modulent le niveau des pertes sudorales. Les femmes ont généralement des débits sudoraux et des pertes d'électrolytes plus faibles que les hommes. Les enfants ont aussi un débit sudoral plus faible que l'adulte, notamment avant la puberté. Lors d'une charge thermique modérée endogène ou exogène, les enfants équilibrent leur température corporelle par des mécanismes en partie différents de ceux de l'adulte, notamment par une plus forte vasodilatation périphérique. Enfin, les personnes plus âgées (> 65 ans) sont aussi des sujets à risques de mauvaise thermorégulation ; l'altération de la sensation de soif, les difficultés à restaurer le capital hydrique, incitent à surveiller régulièrement le niveau d'hydratation des sujets âgés actifs.

En climat chaud, une adaptation des comportements permet de minimiser la charge thermique et de majorer la thermolyse par d'autres moyens que l'évaporation de l'eau, l'ensemble contribuant à l'épargne de l'eau corporelle. En cas de contrainte climatique, il faudra privilégier le port de vêtements adaptés (chapeau, casquettes, vêtements de couleur claire qui réfléchissent les radiations solaires, etc.) et de respecter un plan d'hydratation.

3.5.3.2.1.2 Risques sanitaires

En cas d'exercice d'intensité élevée réalisé en ambiance chaude, les pertes en eau peuvent être considérables, induire un état de déshydratation à l'origine d'une hyperthermie qui peut avoir des conséquences néfastes pour la santé. Différents accidents à la chaleur peuvent survenir, avec par ordre de gravité :

- des crampes musculaires qui peuvent survenir de manière plus fréquente si l'AP est pratiquée en conditions climatiques chaudes. Elles concernent en premier lieu les muscles les plus sollicités par l'exercice, le plus souvent des membres inférieurs. Leur apparition est sans doute liée aux pertes minérales et à la déshydratation qui accompagne un débit sudoral intense.

- l'épuisement à la chaleur est typiquement accompagné de signes de fatigue extrême, d'essoufflement, d'étourdissements, de vomissements, d'une peau fraîche et moite ou au contraire chaude et sèche, d'hypotension et d'un pouls faible et rapide (Gaffin and Hubbard 2002). L'altération des fonctions du système nerveux central par diminution de sa perfusion explique les malaises et parfois les pertes de connaissance observées. Les perturbations hémodynamiques résultent d'une vasodilatation périphérique importante liée aux besoins de thermolyse par production sudorale et évaporation de celle-ci. Ces malaises à la chaleur restent bénins et sans conséquence majeure, en dehors de conséquences traumatologiques liées à une chute éventuelle.

- le coup de chaleur d'exercice est une hyperthermie sévère cliniquement grave et au pronostic sombre (Gaffin and Hubbard 2002). On constate un arrêt brutal de la production sudorale qui s'accompagne d'un coma avec agitation ; l'hyperthermie peut rapidement dépasser 40°C. C'est une urgence médicale absolue et cet accident est fatal dans près de 50 % des cas. L'origine et les mécanismes pathogéniques du coup de chaleur d'exercice restent mal compris, mais les contraintes climatiques sont un facteur de risque important dont les effets sont majorés par le niveau de motivation personnelle.

3.5.3.2.1.3 Pistes de prévention

Limiter l'incidence des accidents exposés ci-dessus passe par le respect de règles strictes qui concernent à la fois la gestion de l'AP et le maintien de l'état d'hydratation.

Gestion de l'activité physique

Il faut éviter la pratique d'AP prolongées en plein air, dès que la température extérieure est supérieure à 28 °C. Il faut conseiller la pratique des AP ou sportives le matin ou éventuellement le soir, après le coucher du soleil. Le calendrier des événements sportifs (courses de longues distances, match de tennis, sports collectifs, etc.) doit être conçu de manière à éviter les heures les plus chaudes de la journée ; des dispositions réglementaires permettent pour certaines disciplines, d'interdire le déroulé d'épreuves sportives en cas de conditions climatiques à risque. Les tenues vestimentaires doivent impérativement être adaptées aux conditions climatiques ; vêtements légers et amples, de couleur claire permettant de réfléchir les radiations directes et indirectes.

Les pratiquants doivent aussi limiter l'intensité de l'AP afin de réduire leur production de chaleur métabolique et le risque d'hyperthermie. Lors des premières expositions à la chaleur, l'intensité et la durée de l'activité doivent être limitée. En outre, la survenue de toute fatigue inhabituelle lors de la pratique doit imposer l'arrêt de l'exercice.

Conseils d'hydratation

Les pertes hydriques et électrolytiques sont très variables d'un sujet à l'autre. En conséquence, les recommandations suivantes peuvent être insuffisantes chez les sujets qui ont une sudation très abondante.

L'AP doit être entamée dans un parfait état de normohydratation, et la prise de boisson doit être régulière pendant l'activité. L'apport hydrique conseillé varie selon l'intensité et la durée de l'exercice, les conditions ambiantes et le statut d'entraînement du sujet. Très simplement, on peut conseiller à toute personne en bonne santé et non spécifiquement entraînée de boire environ 0,5 L/h (par prises successives toutes les 15-20 min) lors d'un exercice d'intensité modérée à élevée en ambiance climatique tempérée, et davantage si l'exercice est d'intensité plus élevée ou effectué en ambiance chaude. Etant donné la grande variabilité des pertes sudorales suivant les individus, il est recommandé d'individualiser, si possible, la prise de liquides pendant l'exercice. Afin d'évaluer le volume idéal de boissons à consommer pendant la récupération, il est conseillé de régulièrement se peser, avant et après les séances d'exercice (à raison d'une fois par semaine environ), après s'être essuyé l'ensemble du corps. Le volume idéal de boisson à consommer est approximativement égal au poids corporel perdu auquel on ajoute 40 %.

En dehors de conditions très particulières (exercices prolongés et répétés à la chaleur), il n'est absolument pas conseillé d'ajouter de sel dans l'eau de boisson. Néanmoins, dans certaines circonstances (exercices supérieurs à 90 min), consommer des boissons contenant des électrolytes et des glucides permet une meilleure stabilisation et conservation de l'équilibre hydrominéral que la consommation d'eau seule (Koulmann et Bigard 2003).

3.5.3.2.2 Activité physique en ambiance polluée

Il existe un consensus pour considérer qu'il existe des influences réciproques complexes entre pollution atmosphérique et changement climatique. Des études récentes visant à quantifier les effets de l'évolution du climat sur les niveaux de polluants atmosphériques (principalement ozone et particules) ont permis de montrer une augmentation des niveaux de concentration d'ozone en été, alors que les niveaux des fines particules en suspension (PM10) devraient décroître en hiver et augmenter fortement en été. Le climat est donc maintenant considéré comme étant un facteur influant sur la qualité de l'air, notamment en ayant un impact sur le comportement des polluants dans l'atmosphère.

3.5.3.2.2.1 Les facteurs polluants présents dans l'air ambiant

La pollution de l'air ambiant est « un mélange de multiples polluants générés par une myriade de sources naturelle et anthropogénique » (Loomis et al. 2013). En France, le transport, le chauffage résidentiel et tertiaire, l'activité industrielle, la production d'énergie, le traitement des déchets et l'agriculture sont les sources anthropogéniques prédominantes de polluants. Ce mélange d'agents varie fortement dans le temps et l'espace, en lien avec la diversité des sources et avec l'effet des processus atmosphériques incluant l'oxydation et les conditions climatiques.

Pour mesurer la pollution de l'air ambiant, certains pays, dont la France, ont élaboré des réseaux de surveillance enregistrant les concentrations de quelques polluants tels que :

- les particules en suspension qui pénètrent dans l'appareil respiratoire et dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 10 µm (PM₁₀) ;
- les particules en suspension plus fines qui atteignent les voies respiratoires profondes et dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 2,5 µm (PM_{2,5}) ;
- le dioxyde d'azote (NO₂) ;
- le dioxyde de soufre (SO₂) ;
- l'ozone troposphérique (O₃) ;
- le monoxyde de carbone (CO) ;
- le benzène ;
- les pollens.

Ces polluants sont utilisés comme des indicateurs de la qualité de l'air. La composition de la pollution de l'air est bien plus complexe et inclut divers autres composés toxiques : des composés organiques volatils (COV) et semi-volatils (sCOV), notamment des hydrocarbures aromatiques polycycliques (ex : benzo(a)pyrène), aldéhydes, toluène, 1,3-butadiène, organochlorés (ex : pesticides, dioxines, furannes), ainsi que des métaux (Ni, Cd, As, Pb, Hg, etc.), voire certains gaz (ex : H₂S, NH₃).

Les polluants directement émis par les sources, dits polluants primaires, peuvent interagir et réagir à des processus physico-chimiques dans l'atmosphère pour former des polluants secondaires. C'est le cas de l'ozone (O₃) formé par photolyse de NO₂ par les ultra-violet, du NO₂ formé par réaction du NO avec des espèces radicalaires (H₂O₂ ou RO₂) provenant elles-mêmes de la dégradation photochimique des COV. C'est aussi le cas des particules secondaires qui peuvent se former par réaction chimique et transformation d'un gaz en particules (ex : sulfates, nitrates, ammonium, acides organiques), le NO₂ étant par exemple le principal agent responsable de la formation des particules de nitrates. La taille des particules tend à augmenter à distance de la source par des mécanismes de coagulation et de condensation de gaz organiques primaires.

En complément des polluants toxiques, la pollution de l'air est également composée de polluants participant à l'effet de serre et au réchauffement climatique (CO₂, CH₄, N₂O, carbone noir, halocarbones lourds).

L'ozone est un des polluants fréquemment rencontrés en zones urbaines ; c'est le second polluant atmosphérique le plus important, après les particules en suspension dans l'air. L'ozone est une molécule triatomique uniquement composée d'oxygène, facilement perçue par l'odorat et décelable dès la concentration de 0,01 ppm. L'ozone troposphérique présent dans les basses couches de l'atmosphère doit être différencié de l'ozone stratosphérique qui joue un rôle protecteur contre les rayons UV. C'est un polluant secondaire qui résulte de réactions chimiques et photochimiques intégrant des polluants primaires comme les oxydes d'azote, les hydrocarbures. La quantité d'ozone présente dans la troposphère est un indicateur de pollution de l'air ambiant.

En France, les concentrations moyennes annuelles d'ozone varient d'une année sur l'autre, en fonction des conditions météorologiques et de l'ensoleillement. Différents seuils réglementaires ont été définis, des seuils de protection de la santé, d'information de la population, ou d'alerte (de 3 niveaux différents) (directive 2008/50/CE du 21 mai 2008, concernant la qualité de l'air et un air pur pour l'Europe). En France, dans le sud-est 29% des stations de mesure de l'ozone dépassent au moins une fois le seuil d'information, totalisant ainsi 509 heures de dépassement ; par ailleurs,

35% des habitants de la région Rhône-Alpes auraient été exposés à la valeur cible pour la protection de santé en ozone pour l'année 2011 (exposition à une valeur minimale de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 8 h) (Observatoire Air Rhône-Alpes).

3.5.3.2.2 Les effets sanitaires des polluants présents dans l'air ambiant

Les micro-particules en suspension

La santé respiratoire et cardiovasculaire, à court et long terme, de la population d'une ville est directement dépendante du niveau de pollution de l'air ambiant (OMS 2014). Les publications de ces dernières années ont permis d'apporter les preuves scientifiques des effets à court terme de l'exposition aux PM_{2,5} et PM₁₀ sur la mortalité et la morbidité générales (Brook et al. 2010, Rückerl et al. 2011). Plusieurs études épidémiologiques ont montré une augmentation de la mortalité générale associée à l'exposition aux polluants atmosphériques (augmentation de 0,4–1% par 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de micro-particules dans l'air ambiant) (Katsouyanni et al. 2009, Zanobetti et al. 2009). L'exposition à certains polluants comme les PM₁₀ se traduit par une augmentation des hospitalisations (Brook et al. 2010), en particulier pour des pathologies cardiovasculaires (Dominici et al. 2006).

D'autres types de polluants comme les particules de carbone, les aérosols organiques et inorganiques secondaires (sulfates, nitrates) ont aussi des effets sanitaires, notamment sur les appareils respiratoire et cardiovasculaire. Les sources de ces polluants sont diverses, mais c'est surtout la combustion de produits carbonés, dont les combustibles automobiles, qui est à l'origine de leur présence dans l'air.

L'exposition à ces facteurs polluants est notamment associée à des crises d'asthme et à des troubles du rythme cardiaque. Les effets de ces polluants impliquent plusieurs mécanismes d'action qui incluent l'inflammation et le stress oxydant. Les sous-populations les plus vulnérables sont les femmes en période de grossesse, les nourrissons et enfants, les personnes âgées, les sujets asthmatiques, les personnes souffrant de pathologies cardiovasculaires ou respiratoires (HCSP 2013).

L'effet sur la santé des microparticules en suspension (effets sur la mortalité et la morbidité) résulte beaucoup plus de l'exposition sur de longues durées à ces polluants, que sur des variations de la qualité de l'air au jour le jour, y compris lors d'épisodes de pic de pollution atmosphérique (Afsset 2009). Cette notion a bien été confirmée pour l'exposition aux PM_{2,5}, et mérite d'être confirmée pour les autres polluants dont les PM₁₀. Les expositions de courte durée peuvent cependant avoir des effets sanitaires, en particulier par l'exacerbation de pathologies pulmonaires chroniques. Ces pics de pollution interviennent typiquement en hiver avec des concentrations augmentées de polluants issus de la combustion, favorisés par des phénomènes d'inversion de température et de stagnation des masses d'air.

L'ozone

Les effets de l'ozone sur la santé sont nombreux et varient suivant le niveau d'exposition, les débits d'air ventilé (ce qui sera déterminant chez les sujets en activité) et la durée d'exposition. Les conséquences les plus connues de l'exposition à l'ozone sont les atteintes respiratoires. Sur l'arbre bronchique, l'ozone réagit avec les lipides du surfactant et les membranes des cellules de l'épithélium bronchique pour former des composés dérivés des lipides membranaires (LOP, lipid ozonation products), molécules très réactives qui seraient responsables des effets pro-inflammatoires de l'ozone (Kafoury et al. 1999). Certaines de ces molécules, très actives, sont à l'origine de l'état inflammatoire de l'arbre bronchique et de la perméabilisation de la membrane alvéolo-capillaire. C'est ce qui se traduit par l'apparition et l'exacerbation de maladies des voies respiratoires (asthme, rhinites allergiques, fibrose pulmonaire, BPCO, etc.), avec des répercussions cardio-vasculaires potentielles (hypertension artérielle pulmonaire) (Cutrufello et al. 2011). On dispose maintenant de preuves épidémiologiques des effets de l'exposition prolongée à l'ozone sur la mortalité et la morbidité cardio-respiratoire.

En parallèle des effets pulmonaires de l'ozone maintenant bien décrits, y compris chez le sujet actif, de nombreux autres effets, moins connus, sont maintenant attribués à cet agent polluant. On a décrit des effets de l'exposition à l'ozone sur le système nerveux central (altération des différentes phases du sommeil, Paz et Huitron-Resendiz 1996), mais aussi sur le développement cognitif (Gatto et al. 2014), le métabolisme hépatique, probablement via la production pulmonaire de cytokines pro-inflammatoires (Laskin et al. 1994). De plus, l'ozone a récemment été impliqué dans la pathogenèse de l'insulino-résistance (Wellen et Hotamisligil 2005) et l'incidence de diabète de type 2 (Brook et al. 2008).

La proximité des sources de production des polluants

La pollution par les agents primaires est plus intense à proximité des sources telles que les axes routiers en début de matinée ou en fin de journée, lorsque le trafic est important, à l'exception de polluants secondaires comme l'ozone. La proximité des axes routiers constitue un facteur de risque sanitaire démontré, après ajustement par le statut socio-économique et l'exposition au bruit. Les polluants les plus fréquemment retrouvés près des axes routiers sont des polluants primaires, les particules ultrafines, le monoxyde de carbone et le dioxyde d'azote, polluants liés à l'émanation des gaz d'échappement. D'autres polluants produits par l'abrasion des pneus, les plaquettes de frein peuvent expliquer, au moins partiellement, certains effets observés sur la santé.

Dans les prochaines années, le changement climatique pourrait augmenter la fréquence des niveaux élevés d'ozone associés à des températures élevées (Schär et al. 2004), conformément à ce qui a été observé pendant la vague de chaleur de l'été 2003. Cependant, les tendances évolutives des niveaux de fond d'ozone et de particules sont moins claires, du fait d'influences opposées des différents paramètres climatiques sur les sources de pollution et sur la chimie atmosphérique (Pascal et al. 2013).

Plusieurs revues de la littérature ont renforcé la connaissance des effets sanitaires potentiellement associés avec le fait de résider à proximité d'un axe à fort trafic (IARC 2013, Boothe et al. 2014, HEI 2010). Par la proximité des sources, le mode de transport lui-même peut influencer sur l'exposition aux polluants atmosphériques. On a ainsi montré que les cyclistes circulant sur des pistes cyclables sont plus exposés aux micro-particules PM_{2,5} que les piétons (van Wijnen et al. 1995). Cette différence, bien que faible, et dont les conséquences sanitaires restent à démontrer, est liée à la proximité de la source de production que constitue le trafic ; elle peut être minorée par la création de pistes cyclables à distance du trafic routier. Les effets sanitaires liés à l'exposition prolongée aux polluants de l'air ambiant (particules fines) par proximité des sources de production sont principalement liés à l'athérosclérose et à des maladies respiratoires chez l'enfant (REVIHAAP 2013).

3.5.3.2.2.3 Pollution et activité physique

Chez des sujets actifs pratiquant une AP, les effets de la pollution sur la santé sont susceptibles d'être majorés par l'augmentation de l'exposition aux facteurs polluants liée à l'augmentation du débit ventilatoire, voire à l'augmentation de la fréquence cardiaque. Il convient par ailleurs d'évaluer les effets de l'exposition aux polluants sur le niveau de pratique spontanée de l'AP.

En quoi la pollution peut influencer sur la pratique d'activité physique ?

La pollution de l'air ambiant apparaît de plus en plus comme étant un déterminant environnemental du manque d'AP. Comme nous le verrons dans les paragraphes qui suivent, l'exposition à différents facteurs polluants comme les microparticules (PM_{2,5}, PM₁₀) et l'ozone, affecte les capacités cardiorespiratoires, ce qui réduit les capacités physiques (Cakmak et al. 2011, Rundell and Caviston 2008). Cependant, peu d'études ont évalué les conséquences de la pollution atmosphérique sur la pratique de l'AP au niveau d'une large population. On retient une étude d'association récente qui a été conduite à large échelle sur l'ensemble des Etats-Unis (Roberts et

al. 2014). Des informations sur le mode de vie et les facteurs de risque ont été obtenues par entretiens téléphoniques ; elles ont ensuite été mises en relation avec l'exposition à différents polluants atmosphériques évaluée par deux modèles prédictifs sur la base de mesures régulières des polluants. Les résultats des analyses ont montré que l'augmentation des concentrations dans l'air des microparticules PM_{2,5} et PM₁₀ et de l'ozone est associée à une augmentation de l'inactivité. Ces relations sont particulièrement démonstratives chez les sujets ayant un IMC normal, ce qui permet de formuler l'hypothèse que l'exposition aux polluants atmosphériques contribue à décourager la pratique régulière de l'AP. A l'origine de cette relation entre qualité de l'air et pratique de l'AP, on peut penser aux effets des polluants sur les capacités physiques individuelles, et à l'intervention de facteurs psychologiques qui découragent la pratique spontanée de l'AP.

En quoi l'AP peut sensibiliser aux effets sanitaires des polluants atmosphériques ?

Conséquences pulmonaires

L'exercice physique est associé à une augmentation de la fréquence et du débit ventilatoire, ce qui expose à un risque sanitaire majoré (Ultman et al. 2004) ; de plus, les polluants sont entraînés plus profondément dans l'arbre respiratoire compte tenu de la vitesse augmentée du flux d'air. Pour des exercices de faible puissance (100-140 W), et dès l'atteinte d'un débit ventilatoire de 35 L/min, la respiration se fait principalement par la bouche, et le filtre nasal n'assure plus son rôle, augmentant ainsi le passage de polluants dans l'organisme (Muns et al. 1995). Comparativement à l'exposition au repos, l'exercice physique de faible intensité augmente d'un facteur 3 à 4,5 le nombre de micro-particules déposées sur l'arbre bronchique et les bronchioles, et d'un facteur 6 à 10 au cours d'exercices d'intensité élevée (Oravisjarvi et al. 2011). Le dépôt de polluants sur les bronches tend à être plus important chez les hommes que chez les femmes et les enfants. Un exercice modéré de 15 minutes peut ainsi multiplier par 5 la quantité de particules ultrafines déposées sur l'arbre bronchique (Daigle et al. 2003). De plus, il existe une raréfaction transitoire mais constante du surfactant pendant l'exercice physique, liée à l'hyperventilation de l'air sec ; la raréfaction de cette couche protectrice expose directement les cellules de l'épithélium aux agents polluants (Zielinski et al. 1999).

La marche en ambiance polluée, à proximité du trafic routier (concentrations élevées de particules fines PM_{2.5}, particules ultrafines, carbone élémentaire et dioxyde d'azote), peut affecter la fonction respiratoire avec une baisse du volume expiratoire maximal par seconde (VEMS) et de la capacité vitale forcée (CVF), induire une inflammation bronchique de bas grade prolongée avec infiltration de l'épithélium par des cellules polynucléaires neutrophiles et une acidification des voies respiratoires, et ce en particulier chez les asthmatiques (McCreanor et al. 2007). L'état inflammatoire pulmonaire induit par exemple par l'ozone, est le fait d'expositions de courte durée à des concentrations élevées du polluant (> 800 ppb sur modèles animaux). Chez les sujets sains, l'inflammation pulmonaire a aussi été démontrée au cours d'exposition prolongées en atmosphère polluée à l'ozone (4 à 6 h 30 d'exposition à 80-200 ppb), et d'exercices de faible intensité associés à un débit ventilatoire de 40 L/min (Aris et al. 1993). De plus, il existe une synergie entre l'ozone et la température ambiante sur le développement d'états inflammatoires pulmonaires (Gomes et al. 2011).

Cependant, on a montré que 2,5 h après un exercice en ambiance polluée, la rétention des micro-particules dans les bronches est moindre qu'au décours de l'exposition aux mêmes polluants alors que les sujets étaient restés au repos (Bennett et al. 1985).

Un autre facteur va majorer les risques liés à la pratique de l'AP en ambiance polluée : en effet, la capacité de diffusion pulmonaire est augmentée durant l'exercice physique (Stokes et al. 1981), ce qui suggère une possible augmentation de la diffusion des polluants gazeux. Ceci constitue un facteur de risque d'effets sur la santé de polluants diffusant dans l'organisme.

Une étude de cohorte nord-américaine menée entre 1993 et 1998 auprès de 3 535 écoliers âgés de 9 à 16 ans n'ayant pas d'antécédents asthmatiques, a montré que les enfants qui pratiquaient

régulièrement plusieurs sports (plus de 3) dans une zone fortement polluée par l'ozone, avaient un risque de développer un asthme 3,3 fois supérieur aux enfants ne pratiquant aucune activité sportive (McConnell et al. 2002).

Conséquences cardiovasculaires

L'exposition à l'ozone augmente l'incidence de pathologies cardiovasculaires comme les troubles du rythme, l'infarctus et l'insuffisance cardiaque (Cutrufello et al. 2011). Les effets des autres polluants sur l'appareil cardiovasculaire sont mieux connus. Des signes électrocardiographiques de souffrance myocardique (sous-décalage de ST) ont été décrits au cours de l'exercice physique réalisé après exposition aux microparticules (PM_{2,5} ou particules ultrafines) (Lanki et al. 2006). L'AP après exposition au monoxyde de carbone sensibilise aux manifestations ischémiques myocardiques comme la survenue de douleurs angineuses (Kleinman et al. 1989). Cette sensibilisation à la survenue d'angor fait suite à l'exposition à de faibles concentrations de monoxyde de carbone, facilement rencontrées en zone urbaine (Nicholson et Case, 1983).

Par ailleurs, l'exercice réalisé après exposition à une ambiance polluée par des microparticules se traduit par une augmentation de la fréquence cardiaque moyenne d'environ 6 bpm (Giles et al. 2012). Par ses effets hypoxémiant, l'exercice physique en ambiance polluée au monoxyde de carbone est aussi associé à une augmentation de la fréquence cardiaque moyenne (Pirnay et al. 1971). De plus, l'AP en ambiance polluée induit une augmentation du travail ventilatoire, avec pour conséquence d'augmenter le débit cardiaque des muscles respiratoires, au détriment des muscles locomoteurs, et de réduire ainsi les performances physiques (revue de Giles et al. 2014).

Conséquences systémiques

On a montré que la pratique de l'exercice en ambiance polluée induisait l'apparition de marqueurs de stress oxydant systémique comme l'augmentation des leucocytes et polynucléaires neutrophiles dans le sang circulant (Brauner et al. 2007, Jacobs et al. 2010). Ces altérations biologiques ont pu être décrites avec l'exposition aux microparticules produites par le trafic automobile (Jacobs et al. 2010) et au cours de la pratique de l'exercice physique en zone urbaine polluée (Vinzents et al. 2005) ; ils ont aussi été mis en évidence chez des sujets intégrés dans un programme d'AP réalisé en zone urbaine, comparativement au même programme mis en œuvre en zone rurale préservée de pollution atmosphérique par les microparticules (Bos et al. 2013).

Les effets néfastes des polluants atmosphériques sur les appareils pulmonaire et cardiovasculaire de sujets actifs sont bien démontrés, sans qu'ait toutefois été évalué les autres conséquences sanitaires de ces polluants, comme sur le système nerveux central et le métabolisme énergétique. Tous ces constats indiquent la vulnérabilité de l'homme lors de l'AP à la pollution de l'air ambiant et de ses polluants (particules, dioxyde d'azote, ozone, etc.), notamment compte tenu de leur toxicité reconnue sur la santé respiratoire et cardiovasculaire.

3.5.3.2.2.4 *Quels bénéfices sanitaires pour l'activité physique en ambiance polluée ?*

L'AP régulière réduit et corrige de nombreuses altérations biologiques et fonctionnelles qui peuvent être spécifiquement induites par l'exposition aux polluants atmosphériques (Brook et al. 2010). C'est le cas pour l'inflammation de bas grade, la pression artérielle, la coagulation sanguine et la fonction endothéliale qui constituent des facteurs de risque cardiovasculaires importants.

Les bénéfices attendus par la pratique de l'AP doivent donc être mis en balance avec les effets sanitaires de l'exposition aux polluants atmosphériques, dont les effets sur la santé, comme évoqué précédemment, sont majorés par la pratique de l'exercice.

Évaluées séparément, l'inactivité physique a des conséquences plus importantes sur la mortalité des populations que la pollution de l'air ambiant telle que rencontrée en zone urbaine (OMS 2009). Ces constats ont permis de suggérer un rapport bénéfices/risques favorable à la pratique de l'AP même en ambiance polluée. Les démonstrations expérimentales de cette hypothèse posent un certain nombre de difficultés techniques, et les quelques études publiées à ce jour en sont l'illustration avec de très grandes variations dans les niveaux de pollution considérés, les polluants pris en référence, l'âge des populations, la quantité d'AP pratiquée et le risque sanitaire pris en considération.

Quelques études récentes ont cependant permis de traiter cette question, notamment à la suite du développement de moyens mis à disposition de la population afin de favoriser les déplacements actifs. Ces moyens, dont les vélos de location, ont de multiples effets attendus sur la santé des populations, dont favoriser la pratique de l'AP au cours des déplacements de courte distance en milieu urbain, ce qui a pour conséquence secondaire de réduire le trafic automobile et la pollution liée à la combustion des carburants. Cette politique de promotion des déplacements actifs au moyen de vélos de location a considérablement cru ces dernières années ; 5 villes européennes avaient mis en application ce principe en 2000, et on comptait plus de 630 villes en 2013 dont les habitants pouvaient bénéficier de ce moyen.

La première étude qui s'est intéressée à la balance bénéfices/risques de la pratique régulière du vélo en zone urbaine, a permis d'évaluer les bénéfices individuels et collectifs du remplacement de la voiture par le vélo pour des trajets de courte distance en zone urbaine, pour 500 000 habitants des Pays-Bas (de Hartog et al. 2010). Sur la base de données de la littérature, les auteurs ont étudié les effets attendus de l'exposition aux polluants atmosphériques sur la santé, la prévalence des accidents de la circulation, et les effets sanitaires favorables liés à l'augmentation de l'AP par les déplacements actifs. Il est démontré que si l'exposition aux polluants est sensiblement plus élevée chez les conducteurs de véhicules automobiles, comparativement aux cyclistes (rapport de 1,16 pour les PM_{2,5}, 1,01 pour les particules ultrafines et 1,65 pour les poussières de carbone), l'augmentation du débit ventilatoire chez les cyclistes augmentera chez eux les dépôts bronchiques de facteurs polluants. Cependant, de nombreux facteurs modulent ces effets défavorables chez l'homme actif, et en particulier le choix de l'itinéraire en vélo ; les cyclistes évitent en général les axes routiers saturés, et le choix des itinéraires pour se rendre d'un point à un autre influe largement sur l'exposition aux polluants (Zuurbier et al. 2009). Toujours par calcul à partir de données expérimentales publiées, les auteurs ont étudié les effets de l'utilisation du vélo pour des déplacements de courte durée (7,5 et 15 km/j), en zone urbaine (par des particules PM_{2,5} et des poussières de carbone) sur la mortalité, comparativement aux utilisateurs de véhicules automobiles (de Hartog et al. 2010). Grâce à ces calculs, les auteurs estiment que chez les cyclistes, le risque spécifique de décès lié aux facteurs polluants est de 1,026 à 1,053, comparativement aux conducteurs automobiles. Les auteurs estiment que si 500 000 habitants abandonnaient la voiture au profit du vélo, la réduction des polluants atmosphériques ainsi induite réduirait la mortalité générale d'un facteur 1,012. Le risque additionnel lié à la pratique du vélo en zone urbaine dépend de très nombreux facteurs, dont l'âge des pratiquants. Selon les modèles qu'ils utilisent, les auteurs estiment que pour la population générale la mortalité spécifique aux accidents de la circulation est presque nulle. En somme, le bénéfice sanitaire de l'abandon de la voiture pour le vélo, évalué sur la mortalité générale, est bien plus élevé que les risques : chez les cyclistes, la mortalité varie de 0,50 à 0,90 par rapport aux conducteurs automobiles, alors que les risques liés à la pollution et aux accidents sont très peu affectés par l'abandon de la voiture (risques relatifs respectifs de 1,001 à 1,053, et 0,993 à 1,020). Ce qui se traduit par une augmentation de l'espérance de vie de 3 à 14 mois avec l'AP réalisée au cours des déplacements en vélo et par une réduction de 0,8 à 40 jours par la pollution et de 5 à 9 jours par le risque d'accident de la circulation. Les bénéfices sanitaires attendus sont en moyenne 9 fois plus élevés que les risques liés aux effets sur la santé de la pollution et de l'accidentologie ; même lorsque les bénéfices minimaux sont comparés aux risques les plus élevés, le rapport bénéfice/risque reste très largement en faveur de la pratique du vélo pour les courts trajets.

Une autre étude a abordé les effets sanitaires de ce nouveau mode de déplacement actif, en évaluant les effets favorables pour la santé de l'utilisation du vélo pour des déplacements urbains de faible distance, et en les comparant aux effets néfastes liés à la pollution et à l'augmentation de l'accidentologie de la circulation (Rojas-Rueda et al. 2011). Cette étude de la balance bénéfiques/risques à utiliser le vélo pour les déplacements urbains a concerné la population de Barcelone (1,6 millions d'habitants) ; plus de 28 250 personnes utilisent un vélo dans la journée, ce qui représente 37 670 déplacements quotidiens d'une durée moyenne de 14 min, alors qu'on dénombre dans le même temps plus de 363 860 déplacements en voiture par jour, d'une durée moyenne de 8 min. Le risque relatif de décès toutes causes confondues est de 0,80 chez les utilisateurs de vélo, comparativement aux utilisateurs de véhicules automobiles, ce qui correspond à une réduction de 12,5 décès par an. Le risque relatif de décès spécifiquement lié à l'exposition aux microparticules PM_{2,5} est de 1,002, alors que le risque relatif de décès par accident de la circulation est de 1,0007, comparativement aux conducteurs de véhicules automobiles. Ces résultats démontrent que dans les conditions locales de pollution et de trafic routier de cette grande ville, les bénéfices attendus par l'utilisation régulière des vélos de location en zone urbaine sont beaucoup plus élevés que les risques estimés des effets de la pollution et des accidents (rapport de 77). Au cours de cette étude, les auteurs ont identifié un autre bénéfice réel à la promotion des déplacements actifs en ville par l'utilisation des vélos, estimant une économie de production de 9 000 tonnes de CO₂.

Des modélisations mathématiques ont permis d'évaluer les rapports bénéfiques/risques liés à l'abandon du transport en véhicule automobile au profit de la mobilité active (marche, vélo, transport en commun) en prenant en considération d'une part la mortalité, voire la morbidité, associées à la pollution de l'air et aux accidents de la circulation, et d'autre part les bénéfices associés à l'augmentation de la pratique de l'AP (Woodcock et al. 2014). Une étude d'impact a été conduite sur le système de location de vélos publics mis en place à Londres qui a permis à plus de 578 000 habitants de réaliser 7,4 millions de trajets sur une année, en majorité des hommes (71 %). Utilisant un indicateur quantitatif qui permet d'évaluer sur une année, la somme totale des années de bonne santé perdues (invalidité, mort prématurée, etc.), le DALY (*disability-adjusted life year*), les auteurs ont estimé que le bénéfice sanitaire est d'approximativement -50 DALYs par an, tous risques pris en considération (les valeurs négatives de cet indice traduisent un bénéfice sanitaire). Les auteurs ont également montré, que le bénéfice sanitaire est plus élevés chez les hommes, et chez les sujets avançant en âge. Les méthodes de modélisation utilisées dans cette étude diffèrent de celles utilisées dans l'étude précédente, et c'est ce qui explique les différences reportées dans le bénéfice sanitaire ; dans cette étude, ce sont 3,3 à 10,9 décès par million d'utilisateurs qui sont estimés être évités par l'utilisation des vélos en ville, contre 69,2 par million d'habitants dans l'étude réalisée sur la ville de Barcelone (Rojas-Rueda et al. 2011).

Une étude récente a évalué le rôle joué par l'exposition à des facteurs polluants sur le lieu de résidence, sur les bénéfices santé liés à la pratique régulière de l'AP de loisir, domestique, ou liée aux déplacements actifs (marche, vélo) (Andersen et al. 2015). A partir du suivi sur 13 ans de plus de 52 000 personnes âgées de 50 à 65 ans, les auteurs ont confirmé les relations inverses existant entre la pratique d'activités physiques et toutes les mortalités étudiées (générale et spécifiques), et des relations inverses moins marquées entre la pratique des déplacements à vélo et le jardinage, et l'ensemble des mortalités. La pollution atmosphérique, estimée par la concentration en NO₂ dans l'air ambiant n'affectait pas de manière sensible les bénéfices attendus de l'AP sur les mortalités ; seuls les effets des déplacements actifs à vélo et du jardinage sur la réduction de la mortalité d'origine respiratoire étaient atténués par l'exposition aux niveaux de pollution, comparativement aux faibles niveaux. La pratique de l'AP dans des zones de pollution atmosphérique marquée ne fait que réduire la baisse de mortalité par maladies respiratoires obtenue par la pratique de l'exercice, sans l'annuler pour autant.

Toutes ces études, bien qu'utilisant des modèles différents, sur des populations différentes, quantifiant les niveaux de pollution de manière différente, ont montré de manière très concordante un rapport bénéfiques/risques très en faveur de l'activité physique

en zone urbaine. Les politiques de mobilité active développées dans différents pays ont le potentiel de générer des bénéfices sanitaires élevés en population générale en augmentant l'activité physique des personnes mobiles, et à terme, des bénéfices liés à la réduction des expositions à la pollution de l'air, même si ces effets sont actuellement difficiles à estimer (de Nazelle et al. 2015, de Nazelle et al. 2011).

Cependant, les risques individuels à court terme liés à la pollution, sont à l'évidence majorés par la pratique d'activités physiques ou sportives, notamment au niveau de la sphère cardiorespiratoire. Ces risques imposent l'application stricte des recommandations de pratique en cas d'atteinte des seuils d'information ou d'alerte pollution.

3.5.3.2.2.5 Pistes de prévention

Tous ces constats qui conduisent à démontrer la vulnérabilité de l'homme à l'AP vis à vis de la pollution de l'air ambiant et de ses polluants (particules, dioxyde d'azote, ozone, etc.), notamment compte tenu de leur toxicité reconnue sur la santé respiratoire et cardiovasculaire. Ils amènent à encourager la stricte application des recommandations édictées lors d'épisodes de pic de pollution. Ces recommandations prennent en considération les seuils de pollution (information ou alerte), ainsi que les populations concernées (vulnérables, sensible, ou population générale) (Anses 2014).

En cas de dépassement du seuil d'information :

- les AP doivent être limitées chez les jeunes enfants, les femmes en période de grossesse et les personnes âgées, autant en plein air qu'à l'intérieur. Les déplacements sur les abords des grands axes doivent être limités, surtout en période de pointe ;
- pour la population générale, il n'est justifié de modifier sa pratique de l'AP.

En cas de dépassement du seuil d'alerte :

- les AP doivent être évitées chez les jeunes enfants, les femmes enceintes et les personnes âgées, autant en plein air qu'à l'intérieur, de même que les déplacements sur les abords des grands axes ;
- chez les personnes connues pour être sensibles lors des pics de pollution, les sorties doivent être brèves, nécessitant peu d'efforts ;
- pour la population générale, les AP d'intensité élevée doivent être réduites. En cas de pollution à l'ozone, les AP en intérieur peuvent être maintenues.

Risques liés à l'environnement (chaleur, pollution)

Activité physique à la chaleur

- l'AP est à l'origine d'une forte production endogène de chaleur qu'il est nécessaire d'éliminer ; l'évaporation de l'eau est le mécanisme de thermolyse le plus efficace. Ce mécanisme est limité lors de pratique en environnement chaud et humide ;
- la non-compensation des pertes hydrominérales peut être à l'origine d'accidents médicaux aux gravités très variables (allant des crampes musculaires, à l'épuisement à la chaleur et au coup de chaleur d'exercice).

Pistes de préventions

- gestion de l'AP : diminuer l'intensité et la durée de l'AP, pratiquer de préférence tôt le matin, et si possible dans des lieux protégés du rayonnement solaire, porter des vêtements amples, aérés, de couleur claire permettant la réflexion des rayons solaires ;
- adaptation du plan d'hydratation : compenser les pertes sudorales par la consommation de 0,5 L/h, par prises espacées de 15-20 min, sans apport supplémentaire de sel. Dans un souci de bonne efficacité de compensation des pertes, les volumes doivent être personnalisés.

Activité physique en ambiance polluée

- la composition de l'air dans les principaux polluants (micro-particules, dioxyde d'azote, ozone, monoxyde de carbone, etc.) varie fortement dans le temps et l'espace, en lien avec la diversité et la proximité des sources, et les conditions climatiques ;
- ces polluants ont des effets sanitaires à court et long terme, quelle que soit leur nature ;
- les effets les plus marqués ont été observés après des expositions de longue durée. L'exposition à de hauts niveaux de micro-particules dans l'air augmente la mortalité générale et la morbidité cardiovasculaire et respiratoire ;
- la pollution est plus forte à proximité des sources telles que les axes routiers, en début de matinée, et en fin de journée ;
- la pratique de l'AP en ambiance polluée majore les effets des agents polluants sur la santé. L'augmentation du débit ventilatoire, de la capacité de diffusion pulmonaire et du travail cardiaque rendent la personne qui pratique une AP plus vulnérable vis-à-vis des effets sanitaires des agents polluants ;
- les utilisateurs de vélo sont doublement exposés lorsqu'ils empruntent des axes routiers à forte circulation que les piétons : par la pratique d'AP et par les trajets dans les couloirs de circulation ;
- la pollution de l'air ambiant apparait de plus en plus comme étant un déterminant environnemental d'une faible AP, essentiellement à la suite des effets des polluants sur les capacités cardiorespiratoires individuelles ;
- l'AP régulière réduit et corrige de nombreuses altérations spécifiquement induites par les principaux polluants atmosphériques (comme l'inflammation de bas grade, augmentation de la pression artérielle, l'altération de la fonction endothéliale, etc.) ;
- les études épidémiologiques les plus récentes suggèrent que le rapport bénéfices/risques est très favorable à la pratique de l'AP, même en ambiance polluée. Les politiques de mobilité active ont des bénéfices sanitaires potentiels importants en population générale, en augmentant d'une part l'AP des personnes mobiles et en réduisant d'autre part les polluants dans l'air ambiant ;
- cependant, les risques sanitaires à court terme liés à la pollution imposent l'application stricte des recommandations de pratique en cas d'atteinte des seuils d'information ou d'alerte pollution.

Pistes de prévention

- de manière générale, éviter les pratiques physiques à proximité des axes routiers et être attentifs aux bulletins de pollution ;
- en cas de dépassement du seuil d'information, les activités physiques doivent être limitées chez les jeunes enfants, les femmes en période de grossesse et les personnes âgées, en plein air et en intérieur ;
- en cas de dépassement du seuil d'alerte :

- population générale : les AP d'intensité élevée doivent être limitées ; en cas de pollution à l'ozone, les AP en intérieur peuvent être maintenues ;
- populations vulnérables : les AP doivent être évitées chez les jeunes enfants, les femmes en période de grossesse et les personnes âgées, autant en plein air qu'à l'intérieur, de même que les déplacements sur les abords des grands axes ;
- populations sensibles : préférer des sorties brèves et nécessitant peu d'efforts.

3.5.3.3 Troubles hormonaux

L'Expertise collective Inserm (2008) fait mention des possibles troubles du cycle chez les adolescentes et femmes sportives. Les troubles les plus fréquents liés à la pratique intensive d'une activité sportive sont l'insuffisance lutéale et les cycles anovulatoires ; ces troubles sont asymptomatiques et ne sont donc pas toujours diagnostiqués. Mais il peut également s'agir d'oligoménorrhée (durée des cycles > 35 jours), d'aménorrhée ou d'un retard pubertaire chez l'adolescente. Ces troubles ont des répercussions sur la fécondité de la femme, sur la fonction endothéliale et peuvent être à l'origine d'un retard pubertaire chez l'adolescente. Enfin, la carence œstrogénique induit une perte osseuse importante. Ces troubles sont causés par l'inadéquation des apports alimentaires par rapport à la dépense énergétique en termes quantitatif mais aussi qualitatif (déficit en apports lipidiques).

Les troubles hormonaux liés à la pratique de l'AP et sportive, le plus souvent intensive (définie chez l'enfant par au moins 8 à 10 h de sport/semaine) concernent l'axe gonadotrope chez l'adulte. Chez l'enfant et l'adolescent en période de croissance staturale un retentissement sur l'axe somatotrope (hormone de croissance : GH) peut parfois être observé. Dans tous les cas, il s'agit d'une atteinte fonctionnelle c'est-à-dire qu'une récupération normale de l'activité hormonale s'observe lorsque la cause physiopathologique de cette atteinte fonctionnelle est supprimée.

3.5.3.3.1 Axe gonadotrope

3.5.3.3.1.1 Chez la femme²²

L'atteinte de la fonction gonadotrope chez la femme induit des troubles du cycle représentés selon une échelle de gravité croissante par l'insuffisance lutéale (phase lutéale de durée <10 jours), l'anovulation, puis l'oligoménorrhée (durée des cycles > 35 jours) et l'aménorrhée (disparition des règles depuis plus de 3 mois).

L'insuffisance lutéale et les cycles anovulatoires représentent les troubles du cycle les plus fréquemment rencontrés chez les femmes sportives mais ne sont pas diagnostiqués du fait de leur caractère asymptomatique puisque les femmes peuvent avoir des cycles réguliers et de durée normale, et dans ce cas, le diagnostic ne peut être fait que sur des dosages hormonaux répétés. Ainsi, en dosant sur des recueils urinaires des 24 heures quotidiens pendant trois cycles consécutifs, la LH et les métabolites de l'œstradiol et de la progestérone chez des femmes sportives (au moins 2 h de sport par semaine et $VO_2max > 40 mL.kg^{-1}.min^{-1}$) et non sportives ayant toutes des cycles réguliers (26 à 35 jours) et constants, De Souza et al. (2010) ont montré que la fréquence des troubles du cycle de type phase lutéale courte ou de type cycles anovulatoires était élevée chez les sportives : 52 % (30 % d'insuffisance lutéale et 20 % de cycles anovulatoires) contre 5 % chez les non sportives.

La fréquence de l'aménorrhée est plus élevée dans les sports d'endurance (30,9 %), les sports dits « esthétiques » (patinage artistique, gymnastique) - sports qui ont en commun d'être des sports

²² Cette partie a été proposée au groupe de travail par le Pr Martine Duclos qui a également rédigé cette partie dans l'Expertise collective Inserm (2008).

dits portés et pour lesquels les contraintes mécaniques imposées par le poids sont une limite à la performance (34,5 %) - et ceux à catégorie de poids (23,5 %) (Torstveit et al. 2005). La fréquence de l'aménorrhée est plus faible pour les sports non portés (natation et cyclisme) : autour de 12 % (ce qui correspond aussi à la fréquence retrouvée dans la population générale) (Torstveit et al. 2005). Ces différences suggèrent que l'aménorrhée est plus fréquente dans les sports où la maîtrise de la composition corporelle est un facteur de réussite dont les pratiquantes se soumettent à des régimes permettant de maintenir une masse grasse faible. À l'inverse, dans les sports dits techniques (golf, plongeon, curling, équitation, tir) ou les sports de balle (volley, basket) la fréquence des troubles du cycle n'est pas plus élevée chez les athlètes ayant une activité sportive intensive (jusqu'à 12 à 18 heures d'entraînement par semaine) que chez les femmes non sportives (Torstveit et al. 2005).

Les modifications de la fonction ovarienne chez la femme sportive sont donc d'origine centrale et sont provoquées par des troubles du métabolisme énergétique en rapport avec un déficit énergétique chronique quantitatif et qualitatif (Hilton and Loucks 2000, Loucks and Thuma 2003, Duclos and Guezennec 2005). Les troubles du cycle chez la sportive sont d'origine hypothalamo-hypophysaire avec une diminution de la pulsativité de la GnRH (Gonadotropin Releasing Hormone) hypothalamique induisant une diminution de la pulsativité de la LH (Hormone Lutéinisante) hypophysaire. Les troubles de la pulsativité de LH apparaissent en-dessous d'un seuil de disponibilité énergétique²³ de 30 kcal/kg de masse maigre par jour (Loucks and Thuma 2003)²⁴. Le déficit qualitatif portait sur les apports lipidiques réduits à 12 à 15 % de la ration alimentaire. Il existait un véritable continuum entre la sévérité du déficit énergétique, la sévérité des troubles du cycle et l'importance des ajustements métaboliques, hormonaux et énergétiques de l'organisme. À l'inverse, si le bilan énergétique était équilibré, le volume d'entraînement (jusqu'à 17 heures par semaine) n'induisait pas de troubles du cycle (Duclos and Guezennec 2005).

Mécanismes

Le lien entre le déficit énergétique et les troubles du cycle peut s'expliquer, au moins en partie, par la diminution de la production de leptine par les adipocytes. La sécrétion de leptine est proportionnelle à la masse de tissu adipeux, sous contrôle de la balance énergétique. Des récepteurs à la leptine sont présents, entre autres, au niveau de l'hypothalamus et au niveau de l'ovaire. Enfin, des données récentes ont montré que, chez des femmes en aménorrhée hypothalamique (dont des sportives), l'administration isolée de leptine pendant 2 semaines à des doses permettant d'obtenir des concentrations plasmatiques similaires à celles des femmes ayant un poids et une masse grasse normales, améliorait les fonctions de reproduction (augmentation de la concentration plasmatique de LH et de la fréquence des pulses de LH, apparition de cycles ovulatoires). La leptine, marqueur d'un niveau adéquat de réserves énergétiques, apparaît comme nécessaire à une fonction de reproduction et à une fonction neuroendocrine normale (Welt et al. 2004).

Conséquences

Chez les adolescentes, les nombreux travaux rapportés dans la revue de Warren et Perloth (2001) ont mis en évidence un retard pubertaire se traduisant par une apparition tardive de la ménarche (jusqu'à l'âge de 17 ans) chez des jeunes sportives soumises à un entraînement intense. Comme pour les adultes, certains sports sont plus concernés que d'autres et l'on retrouve la notion de sports imposant une maîtrise de la composition corporelle comme la danse ou la

²³ La disponibilité énergétique correspond aux apports alimentaires des 24 h (en kcal) moins la dépense énergétique liée à l'AP.

²⁴ Exemple pour une femme de 58 kg avec 40 kg de masse maigre, pratiquant 2 h/j d'AP (soit une dépense énergétique de 700 kcal), la disponibilité énergétique doit être supérieure à 1200 kcal c'est-à-dire que les apports alimentaires doivent être au moins égaux à $700 + 1200 = 1900$ kcal/jour.

gymnastique. Dans ce cas, il a été bien établi que ce retard est lié au déficit énergétique. Il a été également bien établi que ce retard pubertaire est rattrapé, ainsi que ses conséquences sur le développement staturo-pondéral (et l'acquisition de masse osseuse), lors de l'arrêt de l'entraînement intensif (Malina 1983, Georgopoulos et al. 2010, Markou et al. 2010).

Les conséquences à court terme de l'aménorrhée de la sportive portent sur la fécondité. La fréquence des cycles anovulatoires laisse présager que la fertilité moyenne sur une population sportive est diminuée.

L'aménorrhée de la femme sportive s'accompagne d'une carence œstrogénique induisant une perte osseuse identique à celle observée chez la femme ménopausée. Si l'aménorrhée survient au moment de la puberté (aménorrhée primaire), la perte osseuse se produit alors que le pic de masse osseuse n'est pas atteint. Ces adolescentes entrent dans la vie adulte avec ce qui pourrait être un déficit en masse osseuse irréversible et un risque augmenté de fractures-tassements osseux tout au long de leur vie (Tomten et al. 1998). Les troubles du cycle tels que l'oligoménorrhée ou l'anovulation ont aussi des conséquences au niveau osseux. Plusieurs études ont montré qu'il existe une relation entre la sévérité des troubles du cycle et la densité minérale osseuse (Tomten et al. 1998).

A plus court terme, il existe un risque accru de fracture de fatigue et donc d'arrêt prolongé de l'activité sportive. Le risque de fracture de fatigue est augmenté d'un facteur 1,4 à 2,6 pour chaque diminution de la densité minérale osseuse (DMO) d'une déviation standard (Bouvard et Duclos 2003).

Chez la femme pratiquant une AP, les troubles hormonaux ont essentiellement été retrouvés dans une population sportive ayant une quantité élevée de pratique d'AP et une prise alimentaire insuffisante engendrant un déficit énergétique chronique.

Les conséquences sont diverses, allant du retard pubertaire chez l'adolescente, à l'aménorrhée, la perte osseuse, etc. chez la femme adulte.

3.5.3.3.1.2 Chez l'homme

Le dysfonctionnement de l'axe gonadotrope est moins fréquent chez l'homme. Plusieurs auteurs ont cependant rapporté une diminution des concentrations plasmatiques de testostérone avec la pratique régulière de l'exercice musculaire en endurance ; cela n'a pas été retrouvé avec un entraînement contre résistance) (Duclos 2001, Duclos et al. 1996). Il ne s'agit pas d'un effondrement des concentrations plasmatiques de testostérone mais de valeurs situées en dessous de la limite inférieure de la normale. Ce profil androgénique est associé à une concentration plasmatique de LH non augmentée, suggérant une origine haute hypothalamo-hypophysaire.

L'étiologie est la même que chez la femme : déficit énergétique chronique quantitatif et qualitatif. La diminution de la testostéronémie n'a pas été observée lorsque l'apport nutritionnel était adapté aux dépenses énergétiques (Hall et al. 1999) et l'apport lipidique supérieur à 20% de la ration alimentaire (Hamalainen et al. 1984, Volek et al. 1997, Sebokova et al. 1990).

Il y a actuellement peu d'arguments pour démontrer que cette baisse modérée de la testostéronémie a des conséquences chez le sujet entraîné en endurance (fertilité, anomalies du spermogramme, fragilité musculaire, etc.) (Ayers et al. 1985, De Souza et al. 1994), à l'exception des effets à long terme sur le métabolisme osseux, surtout dans les sports portés, n'engendrant pas ou peu de stimulation mécanique sur le squelette (cyclisme, natation). En effet plusieurs études ont rapporté une prévalence élevée d'ostéopénie voire d'ostéoporose chez les cyclistes mais pas chez les coureurs de fond (à IMC, composition corporelle, et prise alimentaire identiques), cet effet ayant été rapporté à l'absence de contraintes mécaniques exercées sur le squelette (Rector et al. 2008). Etant donné le rôle de la testostérone dans la minéralisation

osseuse, la question de l'effet à long terme d'une baisse modérée de la testostéronémie sur la densité osseuse chez ces sportifs intensifs pratiquant des sports portés se pose et reste sans réponse à ce jour.

3.5.3.3.2 Axe Somatotrope

Chez l'enfant et l'adolescent, l'AP régulière et d'intensité élevée semble avoir peu de conséquences délétères sur la croissance tant que l'équilibre nutritionnel est respecté (Malina and Bielicki 1996, Erlandson et al. 2008, Georgopoulos et al. 2010). Des conséquences néfastes sur la croissance peuvent apparaître dans le cas d'une pratique physique intensive accompagnée d'une volonté de limiter ou d'éviter le gain de masse grasse physiologique à la puberté, plus particulièrement chez l'adolescente. Il convient donc de rester vigilant chez les enfants pratiquant des sports à haut niveau ou des quantités élevées d'AP, pour lesquels la maîtrise du poids est un facteur de réussite et qui nécessitent des restrictions alimentaires. Pour les filles, les sports identifiés comme à risques sont la gymnastique, le patinage artistique, la danse et la course de fond (Theintz et al. 1993, Malina and Bielicki 1996, Weimann et al. 2000, Georgopoulos et al. 2010 2012a, 2012b).

Risque de troubles hormonaux

L'AP et sportive n'induit pas de troubles hormonaux à condition que les apports alimentaires compensent les dépenses énergétiques et que l'apport en macronutriments soit équilibré. A l'inverse, un déficit énergétique quantitatif ou qualitatif chronique induit chez l'enfant un ralentissement de la croissance, un retard pubertaire et, chez l'adulte, il peut induire des troubles du cycle chez la femme et parfois un hypogonadisme fonctionnel chez l'homme.

Caractérisation des risques liés à la pratique d'activité physique

La pratique d'activité physique expose au risque de survenue d'accidents ou de pathologies réactionnelles, dont :

Risques traumatiques :

- ces risques restent difficiles à évaluer, le taux de blessures et leur gravité sont toutefois faibles (9 à 16 % de déclaration de blessure par année de pratique) ;
- à l'origine de cette traumatologie, on retrouve des facteurs personnels liés à l'âge, au niveau d'expertise, et des facteurs extrinsèques liés aux caractéristiques du sol, du matériel, des équipements et des conditions climatiques ;
- seules les activités physiques à impact élevé, pratiquées de façon intensive sont associées à un plus haut risque d'arthrose des membres inférieurs.

Mort subite au cours de l'exercice :

- l'incidence annuelle des morts subites, évaluée à 4-5 cas par million d'habitants, reste inférieure à son incidence en dehors de toute activité sportive.

Addiction au sport :

- ce risque dépasse le cadre de l'activité physique pour la santé ;
- les dérives comportementales de dépendance psychologique sont principalement rencontrées chez des individus très entraînés (plus de 10 heures par semaine d'activités d'intensité élevée à très élevée).

Risques liés à la pollution et à la pratique en climat chaud :

- l'exercice en climat chaud peut être à l'origine d'accidents de gravité variable, des simples crampes musculaires, à l'épuisement à la chaleur, jusqu'au coup de chaleur d'exercice à la gravité extrême ;
- l'exercice en ambiance polluée peut majorer les effets sanitaires des polluants issus de la combustion ou de l'ozone.

Troubles hormonaux :

L'AP n'induit pas de troubles hormonaux à condition que les apports alimentaires compensent les dépenses énergétiques et que l'apport en macronutriments soit équilibré.

La prévention de ces risques repose sur :

- le dépistage de sujets à risque de mort subite par un bilan médical systématique comportant un électrocardiogramme avant la reprise d'une activité sportive, après 35 ans chez les hommes et 45 ans chez les femmes ;
- la proscription d'efforts d'intensité élevée et épuisants chez les sujets peu entraînés ;

- une gestion raisonnable de la pratique d'activité physique en cas de forte chaleur (pas d'activité physique extérieure si la température excède 28°C, respect d'un horaire adapté dans la journée, application de règles strictes d'hydratation) ;
- il convient de prendre un certain nombre de précautions afin de minimiser les effets des polluants atmosphériques (surveillance de l'évolution des indices de pollution, pratiquer les AP le matin, loin de voies routières, etc.), en particulier chez les sujets peu à pas entraînés et chez les personnes fragiles (enfants, femmes en période de grossesse, personnes âgées, antécédents de pathologies cardiopulmonaires ou cardiovasculaires).

3.5.4 Risques spécifiques à certaines populations

3.5.4.1 Enfants et Adolescents

L'analyse des éventuels risques liés à une pratique physique est particulièrement valable pour les populations pédiatriques, à l'égard desquelles les stratégies de promotion de l'AP ont fondamentalement pour objectif de les amener à s'engager et à conserver ce comportement tout au long de leur vie. Or, les peurs attribuables aux conséquences négatives de l'AP peuvent décourager les parents, enseignants et autres adultes responsables, à promouvoir un mode de vie actif auprès des jeunes. Les risques liés à l'AP sont également de nature à causer une perte d'enthousiasme de l'enfant à l'égard des pratiques physiques.

Dans la littérature actuelle, le risque majeur couru par les jeunes lors de leur participation aux diverses formes d'AP concerne essentiellement les blessures de tous ordres. Une seule étude existe à ce jour, à notre connaissance, sur la mort subite de l'enfant lors d'AP. La thématique spécifique des blessures du jeune athlète semble être hors sujet par rapport à cette expertise.

3.5.4.1.1 Epidémiologie des blessures liées à l'activité physique

De façon générale, il existe peu d'études sur les blessures liées à l'engagement de l'enfant dans une AP spontanée ; la plupart des études recensées ont porté sur les activités physiques structurées telles que la pratique sportive ou les leçons d'EPS. Lorsqu'on se réfère à l'AP habituelle des jeunes (incluant également les pratiques sportives de loisir ou de compétition), les données de l'enquête HBSC ont suggéré que plus de 40 % des enfants et adolescents de différents pays, ont rapporté au moins une blessure médicalement traitée par an, dont la plupart sont en relation avec la pratique d'un sport, mais d'une gravité mineure (Currie et al. 2008).

Lors d'un suivi de 1 an de 70 000 enfants australiens (âge > 4 ans ; 37% d'enfants de 5-14 ans), il a été observé que 112 admissions hospitalières (soit une incidence annuelle de 16 blessures pour 10 000 personnes âgées de plus de 4 ans) étaient dues à la pratique d'un sport et aux activités physiques de loisir. Les principales causes étaient : la réception d'un coup lors d'un sport (39,3 %), la pratique du vélo (19,6 %) et les sur-efforts et mouvements extrêmes (18,8 %). Parmi les sites anatomiques affectés, les auteurs ont révélé que les blessures ont été plus fréquentes sur les extrémités supérieures (33 %) suivies par la tête/face (29,5 %). Ces blessures comprenaient les fractures (44,6 %), lésions intracrâniennes (17,9 %) et des luxations/ déboîtements (9,8 %). Deux groupes pédiatriques ont été distingués selon la fréquence des blessures lors de leur admission dans les services d'urgences : les enfants de 10-14 ans (29,5 % des blessures) et les adolescents de 15-19 ans (19,5 % des blessures) (Cassell et al. 2003).

En Iran, Soori (2002) a montré sur un échantillon de plus de 20 000 enfants (âge ≤ 15 ans) admis au département des accidents et des urgences, que 4,9 % l'ont été pour cause de blessure. L'incidence des blessures liées à la pratique du vélo était de 2,66 pour 1 000 enfants, avec une

probabilité de survenue plus élevée pour les garçons (79 %) comparés aux filles (21 %) ; 55 % des blessures liées à la pratique du cyclisme touchaient la tête des enfants.

En Europe, des données récentes issues d'un suivi de 1 an de près de 1 000 enfants néerlandais (âge : 10-12 ans) ont fait état de 119 blessures rapportées par 104 enfants ; soit une densité d'incidence de blessure de 0,48 pour 1000 heures d'exposition. Cette densité d'incidence serait plus faible lors d'AP de loisir (une densité d'incidence de 0,39 pour 1 000 heures d'exposition pour un total de 48 blessures) suivies par les leçons d'EPS (une densité d'incidence de 0,50 pour 1000 heures d'exposition pour un total de 22 blessures) et par la pratique sportive (une densité d'incidence de 0,66 pour 1000 heures d'exposition pour un total de 40 blessures). De toutes les blessures recensées, 40 % ont exigé une prise en charge médicale et 14 % se sont traduites par un ou plusieurs jours d'absentéisme. Dans cette étude, il est à remarquer que la plupart des blessures ont concerné les extrémités inférieures (68 %) ; 43 % des blessures étaient relatives aux contusions survenant lors d'AP de loisir ; les chutes et les faux-pas ont expliqué chacun 28 % des blessures alors que les collisions avec des matériaux présents dans la cour de récréation ont conduit à 22 % des blessures. Lors des AP de loisir, les chutes et collisions avec des matériaux participaient respectivement à 45 % et 29% de toutes les blessures. En revanche, pendant les pratiques sportives, la plupart des blessures ont été le fait de faux-pas ou de mouvements de torsion, soit 41 % des blessures (Verhagen et al. 2009).

3.5.4.1.2 Facteurs associés aux blessures liées à l'activité physique de l'enfant

L'âge est un facteur majeur associé aux blessures liées à la pratique d'AP chez les jeunes. Les plus jeunes ont un risque de blessure plus élevé lors de leur AP habituelle (Cassell et al. 2003, Alkon et al. 2000, Gropp et al. 2013). Une étude menée dans un jardin d'enfants en Australie a rapporté que même si seulement 15 à 30 % du temps préscolaire est passé dans la cour de l'école maternelle, les activités qui y étaient réalisées peuvent expliquer 46 % de tous les accidents (Eberl et al. 2009). Cette fréquence est plus élevée de 6 points en comparaison aux données obtenues chez les enfants d'âge scolaire (Currie et al. 2008). Un effet saisonnier et circadien a été rapporté, étant donné le pic d'incidence observé dans les deux premiers mois de la rentrée (septembre et octobre) et durant les 3 premiers jours de la semaine (lundi à mercredi), ainsi qu'une survenue du tiers des blessures entre 10 h et 11 h et autour de 14 h (Eberl et al. 2009).

Dans la plupart des études, il a été relevé que les garçons ont un risque plus élevé que les filles de subir une blessure liée à l'AP. Après avoir ajusté les résultats sur la durée d'exposition, le risque de blessure est resté supérieur chez les garçons autant dans les AP structurées et non-structurées (Spinks et al. 2006). La nature compétitive des activités physiques réalisées – tandis que les filles semblent davantage s'orienter vers des activités socialisantes dans la cour de récréation – peut constituer une explication à cette tendance sexe-dépendante des blessures. Par ailleurs, il a été observé que cette relation sexe-dépendante peut être fonction des facteurs environnementaux (Alkon et al. 2000). Par exemple, il a été rapporté que lorsque les filles, jouant dans des lieux d'accueil (e.g. garderies, écoles) dont l'aménagement est modeste, subissaient davantage de blessures, alors que dans de lieux d'accueil bien aménagés, elles ont continué à présenter un risque de blessures plus faible que les garçons (Alkon et al. 2000). Par ailleurs, une étude Néerlandaise récente, impliquant des enfants d'école primaire (9-12 ans) a rapporté un risque de blessure plus élevé chez les filles (HR = 1,60 : IC95% = [1,05 - 2,46]) et une baisse du risque avec l'augmentation de l'exposition hebdomadaire aux AP (HR = 0,03, IC95% = [0,01 - 0,07]) (Bloemers et al. 2012). Un résultat similaire a été obtenu chez des adolescents Suédois de 14-19 ans au cours des leçons d'EPS, pendant lesquelles les adolescents ayant initialement un faible niveau d'AP ont 7 fois plus de risques de subir une blessure en comparaison avec ceux qui avaient un niveau de pratique moyen ou élevé (de Loës et al. 1990). Dans cet échantillon, le risque de blessure a été 10 fois plus élevé chez les filles initialement inactives comparées aux filles physiquement actives (de Loës et al. 1990). Ces données suggèrent que l'inactivité physique et la sédentarité peuvent constituer des facteurs de risque de blessures associées à l'engagement dans une pratique physique par les enfants et adolescents.

Le statut pondéral des enfants pourrait aussi jouer un rôle modificateur d'effet dans les relations entre l'AP et ses blessures associées (Warsh et al. 2010), en raison des altérations musculo-squelettiques consécutives à la surcharge pondérale (Shultz et al. 2009, Wearing et al. 2006). De même, par rapport aux enfants ayant une pression artérielle normale, les enfants hypertendus (présentant souvent une surcharge pondérale) peuvent être sujets à une dérive de leur pression artérielle lors d'exercices dynamiques (Alpert 2000), même si aucune preuve formelle n'a été apportée quant aux complications relatives à des exercices dynamiques ou isométriques (Alpert 1999).

Warsh et al. (2010) ont récemment tenté de clarifier le rôle du statut pondéral de l'enfant (âge : 11-15 ans) par rapport aux blessures pouvant survenir lors d'une pratique physique. Dans cette étude 29,1 % des enfants ont rapporté avoir été blessés l'année précédente lors d'une AP. Une proportion plus élevée de blessures était survenue lors d'activités réalisées en dehors du cadre scolaire (23,2 % des blessures contre 5,9 % des blessures survenant à l'intérieur de l'école). Cette étude a montré par exemple que chez les enfants normo-pondéraux, ceux qui pratiquaient une AP d'intensité élevée à l'extérieur de l'école avaient environ 2 fois plus de risque (OR : 2,28 ; IC_{95%} = [1,95 - 2,68]) d'avoir une blessure comparés à ceux qui réalisaient une AP de faible intensité. Les risques correspondants pour les enfants en surpoids (OR : 1,89 ; IC_{95%} = [1,31 - 2,72]) et obèses (OR : 3,72 ; IC_{95%} = [1,89 - 7,33]) seraient à peu près dans les mêmes ordres de grandeur. Plus généralement, cette étude a montré que quel que soit le lieu où se déroule l'AP (i.e. heure de classe, cour de récréation, extérieur de l'école) et le statut pondéral des enfants, ce sont les enfants qui étaient engagés dans une AP d'intensité élevée qui avaient le plus de risque d'avoir une blessure. Cette observation a été corroborée par les conclusions d'une revue systématique récente, qui suggérait que la probabilité d'avoir une blessure s'accroissait avec le niveau d'engagement dans les activités physiques (Janssen and Leblanc 2010). Longitudinalement, il y a une tendance presque significative ($p = 0,07$) des enfants normo-pondéraux à avoir un risque accru de blessures comparativement aux enfants en surpoids ou obèses (Warsh et al. 2010). Ce résultat pourrait être relié de façon mécanique au fait que les enfants normo-pondéraux, participant davantage aux activités physiques, soient conséquemment plus à risque de blessures que leurs pairs en surcharge pondérale.

Néanmoins, une étude complémentaire a mis en évidence que les capacités de récupération à l'issue d'une blessure acquise lors d'une AP différaient suivant le statut pondéral des enfants (Warsh et al. 2011). En l'occurrence, les auteurs ont révélé que les enfants en surpoids ou obèses qui ont eu une blessure combinée (fracture + entorse/foulure) lors de pratiques physiques mettaient plus de temps à récupérer de leur blessure comparés aux enfants normo-pondéraux. Cette information est nécessaire lorsqu'il s'agit d'évaluer les conséquences des blessures, non seulement psychologiques au regard de l'engagement dans les activités physiques, mais également en termes de coûts des blessures liées à l'AP.

3.5.4.1.3 Coûts des blessures dues à la pratique d'activité physique

A l'heure actuelle, seule une étude néerlandaise (Collard et al. 2011) a permis d'approcher les coûts médicaux et non-médicaux liés aux blessures survenant chez les enfants et adolescents lors de pratiques sportives, des leçons d'éducation physique et des activités physiques discrétionnaires. Dans cette étude, les coûts directs étaient ceux associés aux visites chez un médecin généraliste ou un autre professionnel de santé, l'hospitalisation et les médicaments. Les coûts indirects concernaient l'absentéisme des parents, l'allocation de garde d'enfant et les transports vers les lieux d'activité et de vie (Collard et al. 2011). Cette étude a révélé un coût total moyen de 188 € (± 317), avec des coûts directs deux fois plus élevés que les coûts indirects (131 € (± 213) contre 57 € (± 159)). En outre, les coûts totaux rapportés pour les filles (266 € ± 350) étaient plus élevés comparés aux garçons (185 € ± 304), bien que la différence ne soit pas statistiquement significative. Les blessures survenant lors des AP de loisir coûtaient en moyenne davantage (271 € ± 416) que celles des séances d'EPS (182 € ± 269) ou des sports (122 ± 240 €). Enfin, les blessures affectant la partie supérieure du corps coûtaient significativement (316 ± 401

€) plus chères que les blessures des parties inférieures (75 ± 232 €). Cette approche mérite d'être répliquée dans d'autres contextes et systèmes de santé pour aider pertinemment les acteurs de santé publique.

Au-delà des blessures, d'autres événements délétères peuvent se produire en marge de la pratique d'AP chez l'enfant, on pourra citer en particulier les problématiques de la mort subite. Toutefois, la problématique de la mort subite lors de la participation des jeunes à des AP n'a été abordée que par une seule étude japonaise. La généralisation des conclusions d'une telle étude paraît ainsi difficile.

L'épidémiologie des blessures liées à la participation des enfants et adolescents à diverses AP indique une survenue plus fréquente lors de la pratique du vélo et des activités sportives. Le risque semble moindre lors des AP de loisir ou leçons d'EPS. Au niveau des atteintes, les parties supérieures et inférieures du corps sont également affectées. Le sexe masculin et la jeunesse sont les facteurs de risque les plus rapportés, auxquels peuvent venir s'ajouter le faible niveau initial d'AP et l'intensité des AP entreprises. Bien que le statut de surpoids/obésité des jeunes n'apparaisse pas comme un facteur de risque de blessures liées aux AP, il peut rendre la durée de récupération d'une blessure liée aux AP plus longue. Les coûts associés aux blessures liées aux AP des jeunes semblent être liés de façon inverse à la présence des facteurs de risque ; en ce sens une blessure survenant lors des AP de loisir engendrerait davantage de coût que celle survenue lors d'une pratique sportive, par exemple.

Risques spécifiques aux enfants et adolescents

Enfants et adolescents

- Peu d'études ont examiné les risques liés à l'AP spontanée des enfants et adolescents.
- La majorité des blessures rapportées sont mineures et sont liées à des chutes et collisions ; elles peuvent être facilement prévenues par le respect des précautions de pratique, en particulier lors de l'initiation ou de la reprise d'une activité physique.
- Plus l'enfant est jeune, plus le risque de se blesser lors d'une AP est élevé. Les garçons, en raison d'une exposition plus longue et de pratiques plus orientées vers la compétition, sont plus à même de se blesser que les filles.
- Le degré d'obésité du jeune ne semble pas être en relation avec le risque de blessures lors de son engagement dans une AP. Les enfants obèses semblent toutefois plus en difficulté pour récupérer après une blessure.
- Un faible niveau de pratique peut constituer un facteur de risque de blessures chez les jeunes.

Pistes de prévention

Surveillance accrue ou encadrement lors d'une reprise ou d'une initiation aux activités physiques.

3.5.4.2 Femmes en période de grossesse

Dès les années 1990, les recommandations du Collège Américain d'Obstétrique et de Gynécologie (*American College of Obstetrics and Gynecology*, ACOG) ont évolué. Après des recommandations orientées vers un repos conseillé, l'ACOG a émis des recommandations mettant en avant les effets néfastes de l'inactivité physique et de la sédentarité pendant la grossesse sur la santé materno-fœtale. Il semblerait que l'évolution de ces recommandations ait largement influencé les études étudiant l'AP chez les femmes en période de grossesse, et par la même l'analyse des risques ou événements indésirables susceptibles de survenir lors de l'engagement de la femme en période de grossesse dans une AP régulière. Les investigations restent toutefois peu nombreuses.

3.5.4.2.1 Prévalence et nature des événements indésirables

Une revue systématique récente a étudié les risques liés à l'AP de la femme en période de grossesse et considéré les données publiées entre 1982 et 2009 (Charlesworth et al. 2011). Dans les études retenues (74 études originales), comprenant 65 essais contrôlés et 9 études observationnelles, les femmes ont été suivies depuis le stade pré-conceptionnel (12 % des études) jusqu'au post partum (35 % des études). La majorité des études se sont intéressées au 3ème trimestre (92 % des études) ou au 2nd trimestre (48 % des études) ; seules 12 % des études étaient consacrées au 1er trimestre. Le niveau d'AP et d'aptitude physique des participantes était très variable, 41 % des femmes impliquées étaient considérées comme physiquement actives avant leur grossesse et 31 % comme inactives. Le total d'heures d'AP ou d'exercice physique cumulé par les études retenues est de 63 592 heures d'exercice pour 3766 femmes en période de grossesse, âgées en moyenne de 29 ans (± 2 ans). Seules 35 études, soit 47 % des études retenues, ont rapporté la présence ou l'absence d'événements indésirables liés à la pratique physique des femmes.

La prévalence des événements indésirables liés à l'AP des femmes en période de grossesse est inférieure à 1 %. Les événements indésirables graves ont été une induction précoce du travail (12 % de l'ensemble des événements indésirables), le placenta praevia (3 %), les fausses-couches (3 %) et les contractions utérines précoces (3 %). Ces événements ont été notés essentiellement lors de l'évocation des raisons de sortie du protocole. Seul un événement indésirable grave (contractions) a pu être directement relié à l'exercice physique. En somme, la densité d'incidence des événements indésirables graves a été estimée à 1,4 pour 10 000 heures d'exercice physique.

Les événements indésirables moins graves ont concerné l'apparition d'hypertension gestationnelle légère au dernier trimestre de la grossesse (6 % de l'ensemble des événements indésirables), les douleurs pelviennes (6 %), les blessures musculo-squelettiques (6 %), les crampes (3 %), les nausées (3 %) et la fatigue (3 %). Les événements tels que crampes aux jambes, nausées ou fatigues ont généralement été rapporté pendant ou juste après la période d'AP. Par ailleurs, les études ont également mis en avant des atteintes fœtales dues à la pratique physique maternelle : à la fois par une bradycardie fœtale transitoire (35 % de l'ensemble des événements indésirables) et une tachycardie fœtale transitoire (3 %).

En incluant ces événements indésirables bénins dans le calcul de l'incidence, la densité d'incidence des événements indésirables liés à la pratique physique maternelle s'est élevée à 6,8 pour 10.000 heures d'exercice physique.

Seules 23 % des études retenues dans la revue systématique se sont intéressées à l'effet de l'engagement physique maternel sur le devenir néonatal. Les critères rapportés par les études étaient très variables (poids de naissance, score Apgar à 1 et à 5 min, pH de l'artère ombilicale et du sang veineux, poids du placenta et mode de délivrance). Quel que soit l'indicateur retenu, les données ont suggéré l'absence d'effets indésirables de l'exercice physique maternel sur le devenir néonatal.

Cette première revue systématique (Charlesworth et al. 2011) a permis de mettre en exergue que :
1) les données empiriques existantes à ce jour montrent que les femmes en période de grossesse

n'ayant pas de contre-indications à l'AP ont un risque extrêmement faible d'événements indésirables lors de leur pratique, quel que soit leur niveau initial de pratique ou de condition physique. En tant que tel, le niveau d'AP prégravide ne peut servir de barrière au conseil et à l'engagement de la femme dans une AP 2) pour les futures études il semble nécessaire d'opérer une standardisation et une systématisation du recueil de données relatives aux événements (indésirables) pouvant survenir lors de l'AP de la femme en période de grossesse, 3) les études incluses dans la revue systématique concernaient des interventions/programmes d'exercice physique réalisées sous supervision d'un professionnel de l'AP qualifié ; ce qui peut en partie expliquer les faibles prévalence et incidence des événements indésirables associés à la pratique physique des femmes (Warburton et al. 2013). Les risques liés aux AP de la vie courante n'ont pas été pris en compte et quantifiés par cette revue systématique. Ce type d'approche est encore dans sa phase embryonnaire, et mériterait d'être intensifié dans les années à venir, en considérant la nécessité de standardisation des méthodes évoquées précédemment.

3.5.4.2.2 Risque de blessures liées à l'activité physique habituelle

Très peu de données épidémiologiques permettent à ce jour d'examiner les blessures liées à l'engagement de la femme en période de grossesse dans les activités physiques de la vie courante. La collecte de données relatives aux blessures survenant chez la femme pendant la grossesse s'est essentiellement intéressée aux accidents de la voie publique (Vladutiu and Weiss 2012). En l'occurrence, il a été rapporté chez les femmes en période de grossesse aux Etats-Unis, une densité d'incidence des accidents de la voie publique de 13 pour 1 000 personnes-années contre 26 pour 1 000 personnes-années chez les femmes qui ne sont pas enceintes (Weiss and Strotmeyer 2002). Par ailleurs, nombre d'études antérieures ont préférentiellement examiné les blessures ayant abouti à une hospitalisation ou l'admission de la femme en période de grossesse dans un service d'urgence. Il semble que ce type de blessure représente pourtant la moindre part des blessures subies par les femmes en période de grossesse. Un suivi réalisé aux Etats-Unis dans le cadre de la 3ème phase du « Pregnancy, Infection and Nutrition Study » (PINS 2001-2005) (Vladutiu et al. 2010) permet de se faire une idée du risque de blessures liées à l'AP pendant la grossesse. Ce suivi a permis d'inclure plus de 1 400 femmes en période de grossesse, interviewées à 17-22 semaines (2ème trimestre) puis à 27-30 semaines (3ème trimestre) de grossesse.

En termes de résultats, on pourra retenir qu'environ 2 % des femmes impliquées dans ce suivi (i.e., 34 sur le total de 1469 femmes en période de grossesse) ont rapporté avoir subi au moins une blessure en relation avec l'engagement dans une AP. La population affectée ne différait pas du reste de l'échantillon par rapport à l'âge, l'ethnie, le statut marital, le niveau d'éducation, le statut vis-à-vis de l'emploi, la santé globale perçue ou encore l'IMC pré-gravide. La proportion de femmes ayant rapporté leur engagement dans une AP d'intensité élevée (> 6 METs) lors de la première entrevue (i.e. 2ème trimestre) était plus élevée dans le groupe de femmes ayant subi une blessure (35 %) comparé au groupe de femmes n'ayant présenté aucune blessure pendant leur grossesse (15 %). Au total, la densité d'incidence des blessures associées à l'AP a été de 3,2 pour 1000 heures d'AP. Celle associée à l'exercice physique uniquement a été de 4,1 pour 1000 heures d'exercice physique.

Une proportion considérable de blessures a été observée alors que les femmes étaient engagées dans une AP de la vie courante (67 % contre 33 % de blessures lors d'exercices physiques structurés). Dans le cadre des AP non structurées, on pouvait noter que 50 % des blessures ont été subies lors d'une marche suivie par les activités domestiques (24 %) et les activités professionnelles (10 %). La majorité des blessures est survenue lors d'une AP d'intensité modérée (85 %) et très peu pendant des AP de faible intensité (3 %) ou d'intensité élevée (12 %). Dans cette étude, 44 types de blessures ont été identifiés. Les blessures les plus communes ont été les contusions (55 %), suivies des foulures (23 %) et entorses (16 %). 21 % des blessures ont affecté la cheville, 16 % le genou, 14 % le dos, 9 % l'abdomen et 9 % le coccyx. Les chutes ont été les

causes principales (64 %) des blessures survenues chez les femmes en période de grossesse de cette cohorte.

En guise de conclusion, on pourra retenir que les dangers liés à l'AP de la femme en période de grossesse tels qu'identifiés à ce jour semblent peu fréquents et constituent des risques mineurs. Toutefois, la pénurie manifeste d'études sur cette thématique pourrait expliquer cette conclusion. La pertinence de dynamiser et d'intensifier les recherches dans ce domaine est légitimée par un double intérêt : 1) mieux comprendre les répercussions de l'AP sur la santé et le bien-être materno-fœtal et l'issue de la grossesse ; 2) mieux cerner (pour éventuellement les minimiser) la réalité des risques courus par les femmes en période de grossesse lors de leur engagement dans différentes formes d'AP. Cette maîtrise du risque et sa gestion passeront nécessairement par des évaluations, une surveillance rigoureuse et un monitoring continu de tous les événements associés à l'AP de la femme en période de grossesse.

Risques spécifiques aux femmes en période de grossesse

- Aucune donnée française n'existe sur le sujet.
- Les études existantes au niveau international se sont focalisées sur les 2^{ème} et 3^{ème} trimestres de la grossesse.
- Une très faible proportion d'événements indésirables (< 1%) a été mise en évidence chez des femmes en période de grossesse engagées dans un programme d'AP. Le seul type d'événement indésirable rapporté était des contractions. Ce constat est à nuancer en fonction du trimestre de grossesse, de l'intensité et de la dangerosité de l'activité (activités de contact, activités à haut risques de chutes et plongée).
- Les données suggèrent l'absence d'effets indésirables de l'AP maternelle sur le devenir du nouveau-né.
- Bien que, dans l'ensemble, très peu de blessures surviennent pendant les AP habituelles des femmes en période de grossesse, les activités de la vie courante semblent entraîner davantage de blessures que les AP structurées.

Pistes de prévention

Assurer un accompagnement de la femme en période de grossesse lors des AP, soit par le conjoint, soit par un professionnel au sein d'une structure.

3.5.4.3 Personnes âgées de plus de 65 ans

Indépendamment de toute pathologie et autre traitement pharmacologique, la personne âgée présente quelques risques corporels liés à la pratique d'AP. Ces risques concernent principalement la perte de l'intégrité physique et l'affaiblissement de la capacité de régulation métabolique.

3.5.4.3.1 Intégrité physique

Les chutes, les blessures, les accidents et autres faits traumatismes liés à la pratique physique engagent l'intégrité physique de la personne âgée.

Certes, il a été constaté que les personnes âgées physiquement actives présentaient un plus grand risque de blessures liées aux activités sportives et de loisir (29,4/1000 ; 95 [25,2-33,6]) comparativement aux personnes âgées inactives (15,2/1000 ; 95 [12,1-18,3]) mais les personnes inactives présentaient un plus grand risque de blessures liées aux activités qui ne sont ni des activités sportives ni des activités de loisirs (71,1/1000 ; 95 [63,9-78,2]) comparativement aux personnes physiquement actives (59,9/1000 ; 95 [53,6-66,2]) (Carlson et al. 2006). Bien que l'incidence de blessures liées aux activités sportives et de loisir soit associée à la participation à ces activités, aucune association n'a été observée entre la pratique d'activités sportives et de loisirs et les blessures corporelles globales (Carlson et al. 2006). En somme, les personnes âgées actives ne sont pas davantage victimes de blessures en tout genre que les personnes inactives dans la vie de tous les jours. La différence entre le risque de blessures liées à l'AP et les bénéfices sanitaires induits par la pratique physique demeure donc incontestablement bénéfique. Il convient désormais de s'interroger pour savoir si les personnes âgées sont davantage victimes de blessures liées à l'AP comparativement aux personnes jeunes.

La très récente méta-analyse de Stathokostas et al. (2013) a suggéré que le risque de blessures liées à la pratique d'AP n'est globalement pas plus élevé chez les personnes âgées comparativement aux personnes jeunes. Cette étude a néanmoins montré que certaines AP demeureraient davantage accidentogènes que d'autres, particulièrement pour les personnes âgées. Le taux de blessures sévères liées à la pratique du ski serait effectivement plus élevé chez les personnes âgées (> 65 ans ou > 60 ans respectivement) que chez les personnes jeunes (Hopkins et al. 2011, Girardi et al. 2010).

Par ailleurs, le risque de mortalité lié à la pratique du cyclisme augmenterait avec l'âge (Ekman et al. 2011). Ces auteurs rapportent en effet qu'en Suède les personnes âgées de plus de 65 ans pratiquant le cyclisme sur route présenteraient un risque de mortalité 4 fois supérieur à celui des adolescents de moins de 14 ans. Chez les personnes âgées entre 75 et 84 ans, ce risque serait même 6 fois plus élevé que chez les cyclistes adultes jeunes. En France, la Fédération Française de Retraite Sportive (2013) a publié un rapport relatif à l'accidentologie des pratiques sportives pour les seniors qui montre également que l'AP la plus accidentogène serait le cyclotourisme (0,6% et 0,7% des licenciés pratiquant cette activité) ; cette étude a été menée sur deux années 2007-2008 et 2008-2009). En revanche, les activités physiques ne présentant pas de risques particuliers sur le plan des chutes ou de l'engagement de l'intégrité physique n'engendreraient pas davantage de blessures musculo-squelettiques chez les personnes âgées comparativement aux personnes jeunes (Stathokostas et al. 2013). Le risque d'induction de pathologies musculo-squelettiques par la pratique de la marche par exemple ne serait pas plus élevé chez les personnes âgées que chez les personnes jeunes (Stathokostas et al. 2013). Le risque d'accidents liés à la pratique physique chez les licenciés de la Fédération Française de Retraite Sportive (2013) serait également très faible concernant la randonnée pédestre, la gymnastique, l'aquagym et les activités dansées. En outre, cette fédération rapporte que la gravité moyenne sur la totalité

des accidents ne dépasse pas le niveau 3²⁵, c'est-à-dire les fractures. Néanmoins, pour une activité donnée telle que la marche, le lieu de pratique peut s'avérer plus ou moins générateur de blessures puisque Little et al. (2013) rapportent qu'elles se produiraient le plus fréquemment lorsque les personnes âgées marchent sur les côtés des voies de circulation et sur les trottoirs. Le renforcement musculaire à domicile engendrerait davantage de blessures chez les personnes de plus de 65 ans que chez les personnes plus jeunes (Jones et al. 2000). Les conditions matérielles conditionnent également le risque de blessures puisque le renforcement musculaire pratiqué avec des appareils générerait davantage de blessures chez des personnes de plus de 55 ans (18,2 %) comparativement à des personnes plus jeunes (9,3% ; $p < 0,001$) (Kerr et al. 2010). Le renforcement musculaire pratiqué avec des poids et haltères (23,6 %) serait davantage accidentogène que lorsqu'il est pratiqué avec des appareils à charge guidée (9,7 % ; $p < 0,001$) à la fois pour les personnes âgées et les personnes jeunes (Kerr et al. 2010). Par ailleurs, l'état physiologique du pratiquant tel que l'indice de masse corporelle et plus exactement le pourcentage de masse grasse influe défavorablement sur le risque de blessures liées à une pratique physique relativement peu traumatisante comme la marche (Carroll et al. 1992). D'autres travaux de recherche sont nécessaires pour définir plus globalement les activités peu ou prou accidentogènes et décrire les modes de pratique susceptibles d'amplifier ou de minorer le risque de blessures corporelles.

Pistes de prévention

Les interventions d'initiation à la pratique constitueraient un bon moyen de limiter les risques liés à la pratique physique. Little et al. (2013) ont relaté les résultats d'un programme d'éducation à la pratique physique encadré par des éducateurs sportifs et réalisé par 167 personnes âgées de plus de 60 ans. Ce programme d'une durée de 8 semaines comportait 3 séances hebdomadaires d'une durée d'1 heure (dont 2 séances de pratique physique et 1 séance d'informations théoriques préventives et sécuritaires). A l'issue de ce programme, les sujets ont été suivis par des entretiens téléphoniques pendant 12 mois (contactés à deux reprises, une fois à 6 mois et une fois à 12 mois). Les résultats de cette étude ont montré qu'à l'issue du programme 29 % des sujets ont continué à pratiquer dans les mêmes conditions et 71 % ont pratiqué de façon indépendante différents exercices de modalités variées. Parmi les personnes qui ont pratiqué de façon indépendante, 34 % des personnes ont pratiqué la marche et 19 % le renforcement musculaire. En outre, seulement 23 des 167 personnes (13,8 %) ont été victimes de blessures musculo-squelettiques liées à l'AP durant la période de suivi de 12 mois. Les enseignements qu'il est possible de retenir de ce type d'étude sont que les personnes qui ont suivi un programme éducatif à l'exercice physique continuent à pratiquer durablement à l'issue de ce programme, de façon indépendante majoritairement, des activités faiblement accidentogènes, avec un faible pourcentage de blessures musculo-squelettiques. Malgré le faible effectif de cette étude, 13,8 % ont été blessés contre 16 % à 27 % dans la revue de littérature de Stathokostas et al. (2013). cette revue a également mis en avant l'intérêt d'une pratique physique encadrée dans la diminution du risque de blessure (10-15 %).

3.5.4.3.2 Régulation métabolique

Sur le plan de l'homéostasie cardio-vasculaire, la vasomotricité nécessaire à la régulation de la pression sanguine artérielle est affectée lors de la pratique. L'organisme préserve ses capacités à lutter contre une baisse de pression artérielle alors que ses capacités à s'adapter à une hausse de cette même pression sont plus limitées (American Geriatrics Society, 1998). Sur le plan pratique, tout exercice physique susceptible d'induire une forte augmentation de la pression artérielle

²⁵ Niveau 1 : pas de conséquence après examen ; niveau 2 : pas grave, type entorse ; niveau 3 : grave : types fractures et traumatismes divers ; niveau 4 : hospitalisation, séquelles éventuelles ; niveau 5 : incapacité permanente ou décès.

durablement doit faire l'objet d'une certaine prudence chez les personnes âgées. Par exemple, dans le cadre de l'exercice aérobique, sur la base de facteurs de risques cardio-vasculaires éventuels (e.g. obésité, hypertension, dyslipidémie), de l'état de santé général et des activités physiques habituelles, l'intensité de l'activité devrait être limitée (modérée) et régulée à partir de la perception de l'effort ou de la fréquence cardiaque (10 battements < au seuil ischémique) (Batt et al. 2013). Dans le cadre de la pratique du renforcement musculaire chez les personnes âgées, les actions musculaires isométriques de fortes intensités (> 50 % de la force maximale) d'une durée supérieure à 6 secondes semblent inappropriées.

Concernant la thermorégulation, la personne âgée présente une plus grande sensibilité à l'hyperthermie que la personne jeune (Larose et al. 2014). En ambiance chaude, ses réactions vasodilatatrices cutanées sont affaiblies, ce qui diminue la dissipation de la chaleur à travers la peau. En outre, son seuil de température nécessaire au déclenchement de la sudation s'élève et son débit sudoral diminue, ce qui limite les capacités de refroidissement de son organisme (Larose et al. 2013, Tew et al. 2012). La personne âgée est également plus sensible à l'hypothermie car sa thermogenèse reste en deçà de celle de la personne jeune pour une même valeur de masse maigre. De surcroît, sa masse musculaire est également plus faible. Par ailleurs, en ambiance froide, la personne vieillissante perd de sa capacité à conserver la chaleur car les réactions vasoconstrictrices de ses artérioles cutanées régressent en amplitude (Tew et al. 2012 ; Thompson-Torgerson et al. 2008). En outre, elle éprouve des difficultés à distinguer des variations de chaleur et a une perception retardée de la sensation de froid par rapport aux sujets jeunes. En pratique, l'exercice physique pratiqué en ambiances thermiques extrêmes (< 0° et > 25-30°) semble inapproprié chez la personne âgée.

La régulation des volumes liquidiens est aussi perturbée sous l'effet de l'avancée en âge (Paillard 2009). Les réserves hydriques diminuent car la masse hydrique corporelle et le pourcentage en eau, pour une masse corporelle donnée, régressent (Ribeiro et al. 2014). La diminution du contenu hydrique résulte d'une réduction de la masse musculaire (contenant beaucoup d'eau) et d'une baisse du volume hydrique extracellulaire. La régulation des différents compartiments liquidiens diminue en efficacité. Cela, associé à une hypodipsie, due à une baisse de la sensibilité du centre régulateur de la soif, expose fortement le sujet âgé à la déshydratation (Silver, 1990). Le seuil de la sensation de soif est plus élevé chez les personnes âgées que chez les personnes jeunes. D'une manière générale, le maintien de l'équilibre hydrique chez la personne âgée nécessite la consommation d'eau en l'absence de sensation de soif. Sur le plan pratique, le sujet âgé doit être encouragé à boire avant la sensation de soif pendant et après l'exercice physique.

Il est actuellement difficile d'estimer avec précision les taux d'accidents et de blessures liés à la pratique de chaque AP ou sportive ainsi que leurs causes et leurs corollaires chez les personnes âgées. En outre, les différentes modalités de pratique physique, telles que, par exemple, l'intensité de l'exercice et l'environnement dans lequel les activités physiques sont réalisées, comportent tellement de variables potentiellement influentes que l'identification précise des activités particulièrement pathogènes demeure compliquée. Cependant, la littérature relate que le risque d'atteinte de l'intégrité physique au cours de la pratique physique ainsi que le risque de blessures liées à la pratique régulière ne sont globalement pas plus élevés chez les personnes âgées que chez les personnes jeunes. En fait, le choix d'une AP adaptée aux capacités physiques et cognitives et une conduite de pratique raisonnée limitent grandement ces risques. Lorsque l'activité est adaptée, le nombre d'accidents par rapport au nombre de pratiquants serait effectivement très faible (Fédération Française de Retraite Sportive 2013). Enfin, la participation à un programme d'intervention et d'éducation à la prévention et à la sécurité liée à la pratique physique réduit notablement le risque d'accidents, de traumatismes et de blessures.

Risques spécifiques aux personnes âgées de plus de 65 ans

- Les personnes âgées de plus de 65 ans pratiquant une activité physique sont plus à risque de blessures pendant la pratique d'AP que les personnes ne pratiquant pas. Les personnes âgées pratiquant une AP sont moins à risque de blessures dans les activités de la vie quotidienne.
- Les risques de blessures musculo-squelettiques liées à l'activité physique ne semblent pas plus élevés chez les personnes âgées de plus de 65 ans que chez les personnes plus jeunes excepté pour certaines activités physiques particulièrement à risques (ski de descente, patinage, etc.).

Avec l'avancée en âge :

- Les capacités d'adaptation à une hausse de la pression artérielle et les capacités de thermorégulation diminuent.
- Le seuil de la sensation de soif augmente

Pistes de prévention

- Le choix d'une AP adaptée aux capacités physiques et cognitives et une conduite de pratique raisonnée limitent grandement ces risques.
- Par ailleurs, chez la personne âgée présentant des facteurs de risques cardio-vasculaires éventuels (tels que obésité, hypertension, dyslipidémie), l'intensité de l'activité devrait être limitée (modérée) et régulée à partir de la perception de l'effort ou de la fréquence cardiaque (10 battements < au seuil ischémique).
- Les activités susceptibles d'induire une augmentation durable de la pression artérielle, telle que les actions musculaires isométriques de forte intensité supérieures à 6 sec, doivent être évitées, de même que les activités pratiquées en ambiances chaudes.
- La consommation d'eau en l'absence de sensation de soif (pendant et après la pratique).

3.5.4.4 Personnes déclarant une limitation fonctionnelle d'activité (LFA)

Les réticences, les peurs et les représentations négatives à l'encontre de la pratique d'AP par les personnes LFA sont nombreuses. Parmi ces représentations, celle d'une plus grande fragilité et d'une vulnérabilité accrue aux accidents est prégnante, les conditions médicales spécifiques pouvant exacerber les risques encourus. Or, l'adhésion à une pratique physique régulière est liée de façon marquée aux barrières attachées aux représentations (cf. 3.2.1.5).

Risques généraux

Comme en population générale, les risques potentiels majeurs associés à la pratique d'AP pour des personnes LFA, et notamment celles atteintes de pathologies ou déficiences non évolutives ou stabilisées, se regroupent en trois catégories principales : les traumatismes et blessures (musculaires/tendineuses, ligamentaires, articulaires, osseuses), les risques d'accident cardio-vasculaire et de mort subite et les risques liés à l'environnement et à la gestion de l'exercice (avec une attention particulière portée à la formation des encadrants).

Peu d'études se sont intéressées à l'accidentologie lors de la pratique d'AP chez ce public. Les rares études existantes concernent l'accidentologie chez les athlètes atteints de déficiences. Malgré les spécificités des athlètes, ces études permettent d'apporter des éléments d'éclairage.

Une pratique correctement conduite n'occasionne pas plus de risque et les représentations surestiment la survenue effective d'accidents chez ce public. Les principales études conduites sur l'accidentologie chez les personnes atteintes de déficiences motrices ou sensorielles, ont montré que la participation à des activités sportives augmente le risque d'accidents, les taux de blessures étant sensiblement identiques que chez les pratiquants valides (Fagher and Lexell 2014, Ferrara and Peterson 2000, Ramirez et al. 2009). L'étude prospective, *the Athlete with Disability Injury Registry*, conduite pendant 3 ans aux Etats-Unis auprès d'athlètes atteints de déficiences motrices variées, a permis d'observer un taux de blessure de 9,30 pour 1 000 athlètes exposés. Ce taux de blessures survenues au cours de l'entraînement habituel reste faible, sensiblement similaire à ceux des sportifs issus la population générale (Ferrara and Buckley 1996, Ferrara and Peterson 2000). Ces taux sont augmentés sur les grandes compétitions, s'élevant par exemple à 17,8 % au cours des jeux Paralympiques de 2012 (mais restent dans des proportions semblables à ceux des Jeux Olympiques, qui s'élèvent à 12,9% pour les JO de 2012) (Fagher and Lexell 2014, Willick et al. 2013). Ils sont plus élevés sur les jeux paralympiques d'hiver comprenant des disciplines à plus hauts risques (jusqu'à 23,8 % pour les Paralympiques de 2010, pour 11,2 % blessures pour les Jeux Olympiques de 2010) (Webborn et al. 2015).

Pour quantifier les blessures, la définition proposée par Ferrara était : « toute atteinte physique qui oblige un athlète à stopper, limiter ou modifier sa participation pour un jour ou plus ». Cette définition permet d'estimer la gravité de la blessure en fonction de la perte de temps de pratique (Ferrara and Peterson 2000). Chez l'enfant atteint de déficiences/pathologies diverses, scolarisé dans le système scolaire spécialisé et prenant part à des pratiques sportives spécialisées, le taux de blessure, avec la même définition, serait de 0,3 pour 1000 (Ramirez et al. 2009). Il s'élève à 2 pour 1000 avec une comptabilisation de blessures plus légères, selon la définition : « un événement qui oblige le retrait de la pratique et des soins qu'ils soient dispensés par les services médicaux scolaires ou à l'hôpital », la pratique pouvant être reprise le jour même (Ramirez et al. 2009). Dans les deux cas, les taux de blessures restent nettement inférieurs à ceux des enfants sans déficience ou pathologie.

Chez les personnes vieillissant avec une LFA, les risques de blessures ne sont pas plus élevés que dans la population ordinaire (Hilgenkamp at al. 2012, Stathokostas et al. 2013).

Chez les athlètes, les types des blessures sont à peu près similaires à ceux observées en population générale, ainsi que la distribution des localisations de la plupart des blessures. L'observation du type de blessures a montré cependant une moindre gravité des blessures : peu de fractures ou luxation, moins de blessures sévères que chez les valides. Ceci s'explique par les différences de type de sports pratiqués : moins de sports de contact et de sports collectifs, moins de disciplines classées « à hauts risques » de blessures, plus de disciplines « à faible risque » dans les Jeux Paralympiques (85 % des disciplines sont « à faible risque » selon Ferrara) (Ferrara and Peterson 2000, Webborn et al. 2015, Willick et al. 2013). Cependant, au cours des Paralympiques, les blessures ont des conséquences plus marquées que dans la pratique sportive ordinaire. En comparaison avec le sport universitaire, 52 % des blessures observées (contre 70 %) étaient des blessures mineures (7 jours ou moins de perte de pratique) 29 % (contre 20 %) étaient modérées (8 à 21 jours de perte de pratique) et 19 % (contre 10 %) étaient sévères (22 jours et plus de perte de pratique) (Ferrara and Buckley 1996).

La localisation des blessures dépend à la fois de la déficience et de la discipline : la fréquence des blessures des membres supérieurs est supérieure chez les athlètes blessés médullaires, alors que celle des blessures des membres inférieurs l'est chez les athlètes se déplaçant debout (Fagher and Lexell 2014, Ferrara and Peterson 2000, Patatoukas et al. 2011, Webborn et al. 2015, Willick et al. 2013).

Risques spécifiques aux personnes LFA

On retrouve cependant des « recommandations » particulières présentant les risques majorés d'une pratique physique pour des personnes atteintes de déficiences particulières à cause de leur vulnérabilité spécifique due aux caractéristiques de la déficience ou pathologie ou du (des) symptômes secondaires associés.

Dans ce cadre, il est décrit, par exemple : un risque d'aggravation des douleurs, notamment articulaires chez les personnes atteintes d'arthrite ou d'arthrose ; un risque d'augmentation du risque de fractures chez les personnes atteintes d'ostéoporose ; une augmentation du risque de blessures articulaires ou musculaires par sur-sollicitation, particulièrement chez les personnes vieillissant avec une déficience ou utilisatrices de fauteuils roulants; une majoration du risque de mort subite chez les personnes ayant une déficience primaire ou des symptômes secondaires associés favorisant les pathologies cardio-vasculaires ; des risques inhérents aux dysrégulations du système nerveux autonome pouvant entraîner des troubles de la fonction cardiovasculaire (troubles de l'ajustement de la fréquence cardiaque à l'exercice, éventuellement dysréflexie autonome et intolérance orthostatique) ou des troubles de la thermorégulation chez les personnes atteintes de blessures médullaires (de Vries et al. 2012, Jacobs and Nash 2004, Martin Ginis and Hicks 2007, Martin Ginis et al. 2012, Patatoukas et al. 2011, Philpott et al. 2010, Ramirez et al. 2009, White et al. 2011). Chez les personnes ayant une déficience intellectuelle, certains facteurs communs majorent potentiellement les risques, comme par exemple : la surcharge pondérale, les effets secondaires des neuroleptiques, des apnées du sommeil, les problèmes dentaires, etc. (Ramirez et al. 2009, UNAPEI 2013). D'autres facteurs sont propres à chaque étiologie de déficience intellectuelle, par exemple la trisomie 21 expose plus particulièrement aux anomalies de la thyroïde, au diabète, aux troubles oculaires, eux-mêmes majorant les risques d'accidents (UNAPEI 2013). Chez les enfants atteints de déficiences/pathologies diverses (déficiences sensorielles auditives ou visuelles, séquelles de traumatisme crânien, autisme, déficiences mentales, déficiences intellectuelles, troubles du comportement, troubles orthopédiques, troubles du langage ou de l'apprentissage, ...), Ramirez a montré que certaines d'entre elles sont associées à un plus haut risque de blessures, comme par exemple l'autisme (5 fois plus élevé que pour la déficience mentale) ou l'épilepsie (2,5 fois plus élevé que chez ceux n'ayant pas d'épilepsie) (Ramirez et al. 2009). Chez toutes les personnes LFA, l'ensemble de ces risques sont majorés quand le vieillissement et la sédentarité s'ajoutent au handicap (Bell and Davies 2010, Hilgenkamp et al. 2012, Rimmer 2012a, Rimmer 2012b). De plus, les personnes en situation de handicap rapportent beaucoup d'épisodes d'interruption ou d'altération de pratique directement dues à leur déficience : escarres et lésions de pression, infections urinaires, troubles système nerveux autonome, effets secondaires des médicaments, etc. Ces raisons représentent de 2,6 à 20,3% des interruptions de pratique (Ferrara and Buckley 1996, Ferrara and Peterson 2000, Martin Ginis and Hicks 2007, Patatoukas et al. 2011, UNAPEI 2013).

Tableau 28. Sports Paralympiques classés par risque de blessures (Ferrara and Peterson 2000)

Sports à faible risque	Sports à risque élevé
Tir à l'arc Athlétisme Boccia Escrime Goalball Force athlétique Voile Natation Tennis Tennis de table	Cyclisme Equitation Judo Football Basket-ball en fauteuil roulant Rugby en fauteuil roulant

Excepté chez les personnes ayant des pathologies cardio-vasculaires, rien ne vient étayer le fait que la pratique régulière d'une AP soit plus dangereuse pour les personnes LFA par rapport à la population générale (Durstine et al. 2013, Fagher and Lexell 2014, Ferrara and Peterson 2000, Hilgenkamp et al. 2012, Jacobs and Nash 2004, Martin Ginis and Hicks 2007, Martin Ginis et al. 2012, Ramirez et al. 2009, Stathokostas et al. 2013, Webborn et al. 2015, Willick et al. 2013).

Un des bénéfices principaux de l'AP est l'absence d'effet secondaire lorsque la pratique est adaptée aux caractéristiques de la personne et aux contraintes de sa pathologie/déficience (Durstine et al. 2013). La diversité des capacités et des réponses à l'exercice des personnes LFA provient de la gravité de la pathologie ou des conditions médicales secondaires et de leur progression éventuelle, de la réponse aux traitements et de l'éventuelle présence de comorbidités (Durstine et al. 2013, Ramirez et al. 2009). Ces spécificités justifient la nécessité d'un accompagnement par des professionnels informés (Martin Ginis and Hicks 2007). Les connaissances scientifiques concernant les aspects de la prévention des blessures restent à approfondir chez ce public (Fagher and Lexell 2014).

Risques spécifiques aux personnes LFA

- Comme en population générale, la pratique d'activité physique expose les personnes LFA à des risques traumatiques.
- Les représentations liées aux risques encourus par les personnes LFA lors de la pratique sont très fortes.
- Malgré le manque d'étude, l'activité physique ne semble pas augmenter les risques d'accidents pour les personnes LFA comparés à la population générale. Ces risques restent limités lorsque la pratique est raisonnée et adaptée aux capacités de l'individu.
- Les études, portant principalement sur des athlètes paralympiques, ont montré que la localisation et le type de blessures dépendent à la fois de la déficience et de l'activité physique pratiquée.

Pistes de prévention

- Même si de façon générale les risques d'accidents attachés à la pratique d'activité physique sont les mêmes que pour la population générale, des consignes particulières existent pour des personnes atteintes de déficiences particulières du fait des caractéristiques de leur déficience ou pathologie (ou des symptômes secondaires associés) qui entraînent une plus grande vulnérabilité.
- Plus la perte de fonctionnalité et les conséquences de la déficience ou pathologie sont importantes, plus un encadrement qualifié dans la prise en charge de ces situations est nécessaire, permettant l'individualisation de la pratique et favorisant la sécurité de la pratique.

Caractérisation des risques dans les populations spécifiques

Enfants et adolescents

- Peu d'études ont examiné les risques liés à l'activité physique spontanée des enfants et adolescents.
- La majorité des blessures rapportées sont mineures et sont liées à des chutes et collisions ; elles peuvent être facilement prévenues par le respect des précautions de pratique, en particulier lors de l'initiation ou de la reprise d'une activité physique.
- Les plus jeunes et les garçons présentent un risque plus élevé de se blesser ; un faible niveau de pratique augmente également les risques.

Femmes en période de grossesse

- Peu d'études ont examiné les risques liés à l'activité physique des femmes en période de grossesse.
- Peu d'événements indésirables ont été observés chez les femmes en période de grossesse pratiquant une AP ; ce constat est à nuancer en fonction de l'avancée de la grossesse, de l'intensité et de la dangerosité de l'activité.

Personnes âgées de plus de 65 ans

- Les personnes âgées de plus de 65 ans pratiquant une activité physique sont moins à risque de blessures dans les activités de la vie quotidienne.
- Les risques de blessures liées à l'activité physique ne semblent pas plus élevés chez les personnes âgées de plus de 65 ans que chez les personnes plus jeunes, excepté pour certaines activités physiques particulièrement à risques (ski de descente, patinage ...).
- Avec l'avancée en âge, certaines modifications de régulation de la pression artérielle, de la régulation thermique, de la sensation de soif peuvent être à l'origine de complications.

Personnes LFA

- Le peu de données disponibles proviennent essentiellement d'études réalisées chez des athlètes paralympiques.
- Les risques sont limités lorsque la pratique est adaptée à la personne LFA.

Conclusion

Les principaux risques qui peuvent émerger de la pratique de l'activité physique sont des risques traumatiques, cardiovasculaires et liés à l'environnement de pratique (chaud ou pollué).

Les risques traumatiques peuvent se traduire par des pathologies aiguës ou chroniques des os, des muscles ou des tendons et ligaments. Le taux de blessures et leur gravité sont faibles (9 à 16 % de déclaration de blessure par année de pratique). Des facteurs personnels liés à l'âge, au niveau d'expertise, et des facteurs extrinsèques liés aux caractéristiques du sol, du matériel, des équipements et des conditions climatiques peuvent expliquer leur survenue. Si l'origine des lésions aiguës ou chroniques est multifactorielle, leurs conséquences à long terme restent peu connues.

En fonction des activités physiques, différents moyens de prévention des accidents traumatiques existent. Une progressivité dans la pratique est particulièrement recommandée, que ce soit au cours d'une séance (échauffement préalable) ou d'une séance à l'autre.

Les risques cardiovasculaires au premier rang desquels la mort subite. Évalué uniquement dans la pratique sportive, ce risque reste inférieur à celui évalué hors de la pratique. Ce risque peut être réduit par quelques éléments de prévention, dont le respect d'une bonne adéquation entre l'intensité des exercices réalisés et l'état de forme et d'entraînement, le dépistage de facteurs de risque par une consultation médicale, en particulier en cas de reprise d'activité physique d'intensité élevée.

Les risques sanitaires liés à l'environnement chaud ou pollué :

- afin de minimiser les risques liés à la pratique d'activité physique à la chaleur (coup de chaleur, épuisement à la chaleur, crampes musculaires), la pratique doit être envisagée avec un certain nombre de précautions, telles que l'adaptation des horaires de pratique, la compensation des pertes hydrominérales ainsi que le port d'une tenue adaptée ;
- concernant les polluants atmosphériques, la pratique d'activité physique peut majorer les effets sanitaires des polluants (risques pulmonaires, cardiovasculaires et systémiques). Les effets bénéfiques de la pratique de l'activité physique sont supérieurs aux effets néfastes liés aux polluants. Ces risques peuvent être limités par une adaptation des horaires, de lieu et d'intensité de pratique, particulièrement en cas de dépassement des seuils d'information et d'alerte.

D'autres risques, moins fréquents, existent :

- les risques de troubles hormonaux apparaissent lorsque la balance énergétique n'est pas équilibrée ;
- l'addiction à l'activité physique, qui concerne une faible part de la population, essentiellement des personnes entraînées soumise à des charges de travail très élevées ; sa prévalence reste limitée dans la population générale telle que définie dans ce rapport (0,4 à 0,5 %).

Des précautions semblent nécessaires pour certaines catégories de populations. Il a été mis en évidence que chez les enfants et adolescents, un faible niveau de pratique augmente les risques lors de la pratique. Chez les personnes âgées de plus de 65 ans pratiquant une activité physique régulière, le risque de blessures dans les activités de la vie quotidienne est moins élevé que chez celles ne pratiquant pas. Par ailleurs, les risques de blessures liées à l'activité physique ne semblent pas plus élevés chez les personnes âgées de plus de 65 ans que chez les personnes plus jeunes, excepté pour certaines activités particulièrement à risques. Chez les personnes LFA, lorsque la pratique est adaptée à la personne, les risques restent limités.

4 Conclusion et recommandations

Un mode de vie actif est en général associé à un bon état de santé, défini par l'OMS comme « un état de complet bien-être physique, mental et social, qui ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité » (1946). Adopter un mode de vie actif, en améliorant le niveau de santé, permet d'accroître la qualité de vie et le bien-être et, à plus long terme, de diminuer l'incidence de pathologies chroniques telles que les maladies cardio-vasculaires, les cancers, le diabète de type 2, l'obésité et au-delà la mortalité totale.

L'adoption d'un mode de vie actif résulte d'une part de l'augmentation de la pratique d'activité physique (AP), et d'autre part de la réduction du temps de sédentarité. L'AP est définie comme « tout mouvement corporel produit par les muscles squelettiques qui entraîne une dépense énergétique » (Caspersen et al. 1985, OMS 2010). L'AP quotidienne inclue donc la totalité des mouvements réalisés sur une journée de 24 h, quel qu'en soit le type (cardio-respiratoire, renforcement musculaire, souplesse, étirement) et le contexte (professionnel, transports, domestique ou loisir). La sédentarité (ou comportement sédentaire) est définie comme une « situation d'éveil caractérisée par une dépense énergétique inférieure ou égale à 1,5 MET en position assise ou allongée » (Réseau de recherche sur la sédentarité 2012 ; Chastin 2013). Le comportement sédentaire inclut le temps total quotidien ainsi que les périodes prolongées passés dans des activités sédentaires.

Le GT considère que ces deux types de comportements doivent être pris en compte, c'est pourquoi les recommandations proposées s'inscrivent dans le cadre de la pratique d'AP et de la sédentarité. Des recommandations portant sur le sommeil sont également proposées, en raison des interactions avec l'état de santé, le niveau d'AP et de sédentarité.

Actuellement, le PNNS recommande de pratiquer au moins l'équivalent de 30 minutes de marche rapide par jour pour les adultes. L'OMS recommande de pratiquer au moins 150 minutes d'activité d'endurance d'intensité modérée par semaine ou au moins 75 minutes d'activité d'endurance cardio-respiratoire d'intensité élevée, ou une combinaison équivalente d'activité d'intensité modérée et élevée. La pratique de renforcement musculaire au moins 2 fois par semaine est également recommandée.

En ce qui concerne les enfants et les adolescents, les différentes études européennes et françaises dressent un bilan alarmant de l'évolution des comportements d'AP et de sédentarité. Moins de 30 % atteignent actuellement les recommandations de 60 minutes d'AP d'intensité modérée à élevée par jour. Le temps de sédentarité a augmenté et la condition physique a diminué ces dernières années. Cette évolution est à rapprocher de l'apparition de pathologies chroniques de plus en plus jeune. Rétablir un mode de vie actif chez l'enfant et l'adolescent apparaît comme une priorité pour favoriser une bonne santé et sa persistance à l'âge adulte.

En ce qui concerne les femmes en période de grossesse et de post-partum, une AP régulière permet notamment d'améliorer la condition physique, le retour veineux et le bien-être, de diminuer l'incidence de la dépression et des lombalgies et de limiter la prise de poids pendant la grossesse, une prise de poids excessive pendant la grossesse étant associée à une augmentation des risques pour la mère, à court terme (diabète gestationnel, pré-éclampsie, complications au cours de l'accouchement, etc.) et à long terme (obésité, DT2, pathologies cardio-vasculaires) et à des risques chez l'enfant (macrosomie et obésité).

En ce qui concerne les personnes âgées de plus de 65 ans, l'AP, et plus généralement l'adoption d'un mode de vie actif, constituent le meilleur moyen de prévention des facteurs de morbidité, de la perte de mobilité et du maintien de l'autonomie avec l'avancée en âge. Cette mesure de prévention prend toute son importance considérant que la proportion des personnes âgées de 65 ans et plus devrait passer de 17 % en 2010 à 30 % en 2060.

En ce qui concerne les personnes LFA, plus susceptibles d'une limitation de l'AP spontanée et structurée et d'une augmentation des comportements sédentaires, une attention particulière doit être accordée à l'engagement de ces personnes dans un style de vie plus actif. Une pratique d'AP régulière va influencer la capacité fonctionnelle et la condition physique, l'indépendance et l'autonomie, l'intégration et la participation sociale de la personne. Elle va limiter également les facteurs de risques de développer un symptôme secondaire associé ou une pathologie chronique (qui exacerbent l'effet de la déficience ou de la pathologie) auxquels est plus exposé ce public. Elle contribuera *in fine* à la santé mentale et physique, à la qualité de vie et au bien-être. La portée de ces bénéfices prend toute sa mesure quand on constate que tous ces facteurs sont généralement altérés conséquemment à la déficience ou pathologie dont est atteinte la personne.

Concernant l'élaboration de ces recommandations, le GT a établi des caractéristiques de l'AP et de la sédentarité pour chaque pathologie identifiée, basée sur l'analyse des études publiées et complétées par les recommandations des sociétés savantes. Les caractéristiques (type, fréquence, intensité, durée) pour chaque pathologie ont été comparées. Le GT a choisi de considérer les quantités d'AP permettant le plus grand bénéfice en termes de réduction du risque pour l'ensemble des grandes pathologies et de promotion du bien-être et de la qualité de vie. Cette étape a permis de définir un seuil optimal, seuil nécessaire et suffisant pour assurer la prévention de survenue de pathologies non-transmissibles. Le niveau optimal correspond à un niveau de pratique pour lequel on observe une inflexion de la relation dose d'AP par rapport aux effets sanitaires attendus. A titre d'exemple, cette notion d'inflexion de la relation dose-réponse a été illustrée dans le cadre des maladies coronariennes (Figure 51 ; Sattelmair et al. 2011).

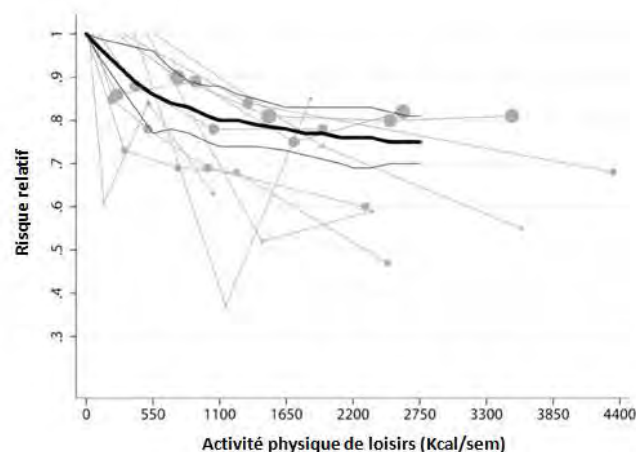


Figure 51. Relation dose-effets protecteurs de l'AP sur le risque de maladies coronariennes (Sattelmair et al. 2011).

Une relation dose-réponse a été mise en évidence pour plusieurs pathologies chroniques (cancers, maladies cardio-vasculaires, diabète de type 2, obésité) et pour la mortalité. Cette relation dose-réponse implique que :

- de faibles niveaux d'AP, mêmes inférieurs aux recommandations sont associés à des bénéfices sanitaires. Par exemple, la pratique de 15 minutes d'AP d'intensité modérée par jour (comme la marche rapide), 6 jours par semaine, entraîne une réduction de 19 % du risque de mortalité par maladie cardiovasculaire (Wen et al. 2011) ;
- la pratique au-delà des recommandations entraîne des bénéfices supplémentaires pour la santé. Aux Etats-Unis, un taux de protection de 25 % a été observé chez les personnes pratiquant 5 fois les recommandations, contre 14 % chez les personnes atteignant les recommandations (Sattelmair et al. 2011).

4.1 Recommandations universelles

Un phénomène de compensation de l'augmentation de l'AP par la sédentarité a été observé dans certains sous-groupes de population. Il se traduit par une réduction de l'AP spontanée et une augmentation du temps de sédentarité suite à la pratique d'une AP. Pour obtenir des effets positifs sur la santé, il est recommandé de maintenir son niveau d'AP habituel et de ne pas le réduire en cas de participation à de nouvelles AP.

Comme précisé plus haut, les repères de pratique correspondent à des quantités d'AP nécessaires et suffisantes afin d'assurer la prévention de survenue de pathologies non transmissibles, et de promotion du bien-être et de la qualité de vie. Ces repères représentent un optimum vers lequel il faut tendre. Tout niveau d'AP inférieur à ces repères reste assorti d'un bénéfice pour la santé et le dépassement des recommandations permet d'accroître ces effets. Ces repères de pratique de l'AP sont à intégrer dans une stratégie de modification du comportement de vie, intégrant l'AP programmée dans l'ajustement du comportement (en assurant la promotion des déplacements actifs, réduisant le temps de sédentarité, rompant les périodes prolongées en position assise, etc.).

Les AP sont recommandées selon leur type, leur durée, leur fréquence et leur intensité. Deux principaux types d'AP peuvent être identifiées, celles qui développent les capacités cardiorespiratoires, et celles qui développent la fonction musculaire ; ces AP ont des effets complémentaires sur l'organisme, et ne peuvent se substituer l'une à l'autre. En complément, des exercices programmés d'assouplissement et de mobilité articulaire ont leur place. Les AP à visée cardiorespiratoire, et celles à visée musculaire peuvent être intégrées dans une même activité ou réalisées la même journée. Il n'existe pas de fréquence idéale de pratique des AP, mais un étalement harmonieux dans la semaine est recommandé, tout en respectant des phases de récupération suffisante.

Pour les activités cardio-respiratoires, l'intensité sera donnée en termes d'intensité faible, modérée ou élevée. L'intensité peut être appréciée sur une échelle graduée de 0 (assis) à 10 (effort maximal) déterminant le niveau d'effort ressenti. Une AP d'intensité modérée correspond aux niveaux 5 et 6 et se traduit par une augmentation modérée de la respiration et de la fréquence cardiaque. Une AP d'intensité élevée correspond aux niveaux 7 et 8 et se traduit par une forte augmentation de la respiration et de la fréquence cardiaque.

Dans ces recommandations seront également présentées, l'équivalence en nombre de pas. La marche est effectivement une activité facile à réaliser, en toutes circonstances, et sans nécessité de matériel spécifique et le GT a donc estimé facile et accessible à tous de donner ces repères.

4.1.1 Recommandations pour les adultes

4.1.1.1 Activité physique et temps de sédentarité : quelles recommandations ?

Activité physique

Les AP développant l'aptitude cardio-respiratoire peuvent être facilement intégrées dans la vie quotidienne (par exemple lors de déplacements actifs (marche, vélo), montée d'escalier, etc.), ou réalisées dans le cadre d'activités organisées (course à pied, natation, vélo, aviron, danse, etc.), en extérieur ou en intérieur.

En termes de recommandations pratiques, ces AP devraient présenter les caractéristiques suivantes :

- au moins 30 min d'AP par jour. Des bénéfices supplémentaires sur la santé peuvent être obtenus avec une pratique de 45 à 60 min.

Ce temps total quotidien peut être fractionné en périodes de 10 min minimales. Des données récentes indiquent cependant l'efficacité d'un fractionnement de la durée totale d'AP quotidienne en périodes plus courtes, inférieures à 10 min. Ces AP devraient être répétées au moins 5 jours par semaine, et si possible tous les jours ;

- une intensité modérée à élevée.

Permettant de solliciter l'aptitude cardio-respiratoire tout en renforçant les fonctions musculaires, des AP d'intensité élevée sont recommandées, de courte durée (5 à 10 min) et répétées dans la journée (3 à 4 fois).

L'intensité devra être adaptée aux caractéristiques individuelles et ajustée en fonction des réponses physiologiques perceptibles par chaque individu (augmentation de la respiration, de l'excrétion sudorale ou de la pénibilité perçue).

Les différentes caractéristiques des intensités de pratiques sont les suivantes :

- AP d'intensité modérée :
 - essoufflement modéré, conversation possible ;
 - transpiration modérée ;
 - échelle de pénibilité de l'OMS (5 à 6 sur 10) ;
 - 55 à 70 % de FC_{max} .
- AP d'intensité élevée :
 - essoufflement marqué, conversation difficile ;
 - transpiration abondante ;
 - échelle de pénibilité de l'OMS (7 à 8 sur 10) ;
 - 70 à 90 % de FC_{max} .

La marche étant une activité particulièrement accessible, 7 100 et 11 000 pas quotidiens sont recommandés pour les adultes. Une intensité modérée à élevée correspond à une allure de 100 pas/min.

Les AP de renforcement musculaire contre résistance peuvent être réalisées avec ou sans charges lors des activités de la vie quotidienne (montées d'escalier, port de charges, etc.) ou lors de séances dédiées (utilisation du poids du corps ou de bracelets lestés, de bandes élastiques, etc.).

En termes de recommandations pratiques, les AP réalisées lors de séances dédiées devraient présenter les caractéristiques suivantes :

- 8 à 10 exercices différents impliquant les membres supérieurs et inférieurs, répétés 10 à 15 fois par série ; chaque série peut être répétée 2 à 3 fois ;
- ils sont recommandés 1 à 2 fois par semaine. Il conviendra de respecter 1 à 2 jours de récupération entre deux séances ;

- une intensité de contraction permettant la répétition de 10 à 15 mouvements sans douleur musculaire est recommandée, avec une pénibilité perçue ne dépassant pas 5 à 6 sur une échelle de 0 à 10 ; cette intensité devra être adaptée aux caractéristiques individuelles.

Les exercices d'étirement, d'assouplissement et de mobilité articulaire

La souplesse articulaire peut être développée grâce à différents types d'exercices spécifiques, de mobilité active, d'étirements statiques, de souplesse balistique ou de facilitation neuromusculaire proprioceptive.

Par souci de simplicité et d'autonomie de pratique, c'est la réalisation d'exercices d'étirements passifs qui est le plus souvent conseillée. Les étirements doivent être réalisés régulièrement, au minimum 2 à 3 fois par semaine. Ces exercices doivent toujours être limités par la sensation d'inconfort ou de raideur ; il est recommandé que ces exercices soient précédés d'un échauffement musculaire, qu'ils soient maintenus 10 à 30 secondes et répétés 2 à 3 fois.

Sédentarité

Quel que soit le contexte (travail, transport, domestique, loisirs), il est recommandé :

- de réduire le temps total quotidien passé en position assise, autant que faire se peut ;
- d'interrompre les périodes prolongées passées en position assise ou allongée, toutes les 90 à 120 min, par une AP de type marche de quelques minutes (3 à 5), accompagné de mouvements de mobilisation musculaire.

4.1.1.2 Comment atteindre ces recommandations ?

Comment augmenter la pratique d'activité physique ?

Les recommandations de pratique d'AP concernent tous les individus et en priorité les individus inactifs ou ayant un temps de sédentarité élevé. Chez les individus peu actifs, sédentaires et souhaitant pratiquer régulièrement une AP d'intensité élevée, une consultation médicale est fortement recommandée, même chez ceux sans antécédent de pathologie chronique ou facteur de risque connu.

Les activités envisagées peuvent être très variées :

Activités d'intensité modérée :

- marche à 5 - 6,5 km/h ;
- montée d'escaliers à vitesse lente ;
- nage de loisir ;
- vélo à 15 km/h ;
- tennis.

Activités d'intensité élevée :

- marche rapide supérieure à 6,5 km/h ;
- montée d'escaliers à vitesse rapide ;
- course à pied 8 - 9 km/h ;
- vélo à 20 km/h.

Chez des sujets en apparence bonne santé, l'objectif est d'atteindre progressivement les repères.

Tout engagement dans un mode de vie actif comporte habituellement 4 étapes successives. En l'absence de données scientifiques s'opposant à cette progression, il est recommandé de suivre ces étapes :

1. phase de bilan de l'AP et de la sédentarité de l'individu ;
2. chez des sujets auparavant sédentaires ou peu actifs, commencer par exemple par une programmation de 10 min de marche rapide par jour, avec une progression régulière pour atteindre la cible de 30 min quotidiennes en 4 à 6 semaines ;
3. dans un 2nd temps, le renforcement musculaire de l'ensemble des groupes musculaires des membres inférieurs, supérieurs et du rachis lombaires est recommandé : 1 à 2 séances par semaine de répétitions de mouvements contre résistance permettant d'atteindre progressivement 10-15 répétitions ;
4. pour progresser, envisager le remplacement de longues séances d'exercice physique par des activités d'une durée plus courte et d'intensité plus élevée.

Il est recommandé d'intégrer, dès le début, des exercices d'étirements et de mobilité articulaire.

Pour s'inscrire dans un mode de vie actif, il semble nécessaire de multiplier les occasions de pratique. Lors de déplacements de courte durée, l'utilisation du vélo ou la marche seront privilégiées ; de même, l'utilisation des escaliers sera privilégiée dans toutes les circonstances. En agglomération, l'AP peut être augmentée lors de l'utilisation de transports en commun, en marchant un arrêt de plus avant de monter dans le bus, en prenant les escaliers au lieu des escaliers mécaniques et en diminuant le temps passé en position assise dans les transports en commun, la position debout permettant également de réduire son temps de sédentarité. Des exemples d'AP sont également répertoriés dans le tableau 30.

4.1.1.3 Précautions à prendre lors de la pratique

La pratique d'une AP nécessite impose un certain nombre de précautions. Ainsi, en cas de reprise, une visite médicale est fortement conseillée. Si le caractère impératif de cette visite dépend des particularités individuelles (âge, antécédent de pratique d'AP et de maladies cardio-vasculaires, pathologies traumatiques connues de l'appareil locomoteur, facteurs de risques individuels, etc.), elle est fortement recommandée après 35 ans chez les hommes et 45 ans chez les femmes.

Pendant la pratique

L'intensité de pratique de l'AP doit être en cohérence avec la condition physique des individus et être augmentée de façon progressive. Toute AP pratiquée à une intensité supérieure à la condition physique de l'individu expose à un risque d'accident.

Le GT a considéré pertinent de rappeler les règles d'or de la pratique établies par le Club des cardiologues du sport (annexe 2).

Il est communément admis que chaque séance d'AP doit comporter :

- une phase d'échauffement de 5 à 10 minutes, de faible intensité ;
- une phase d'activité dont les caractéristiques et la durée dépendent de la programmation et des objectifs individuels ;
- une phase de récupération active de 5 à 10 minutes de faible intensité ;

- une phase d'étirements de 7 à 10 minutes ; ces étirements devront être réalisés avec prudence, sans entraîner de douleurs.

Une attention toute particulière doit être portée sur la tenue et, lorsque cela est nécessaire, sur le matériel (chaussures, semelles orthopédiques, matériel de sport, etc.) et sur les équipements de protection utilisés (selon le type d'AP pratiquée).

La durée des séances d'AP, leur intensité et l'horaire de pratique devront être adaptés aux conditions climatiques. En période de chaleur, un plan d'hydratation adapté et rigoureux sera imposé, permettant la compensation des pertes sudorales (consommation de 0,5 L/h, par prises espacées de 15 à 20 min, sans apport supplémentaire de sel). L'auto-surveillance du poids corporel et de la couleur des urines permettra de personnaliser les apports hydriques.

Les risques sanitaires à court terme liés à la pollution, imposent l'application stricte des recommandations de pratique de l'AP en cas d'atteinte des seuils d'information ou d'alerte pollution. Ce dispositif d'alerte est mis en œuvre et les recommandations diffusées par les autorités en cas de nécessité.

Après la pratique

Un état de fatigue général, de douleurs musculaires, de lassitude est normal suite à la pratique d'une AP de longue durée, d'intensité élevée ou inhabituelle.

Toutefois, certains indicateurs individuels de tolérance de l'AP doivent être connus. Ils permettent de juger de la tolérance individuelle de l'AP et constituent des signaux d'alerte. Ils imposent alors un allègement de la pratique et une attention plus marquée sur le respect de périodes de récupération.

Les principaux signes sont les suivants :

- douleurs musculaires au réveil, et persistant au fil des jours ;
- sensation de fatigue générale persistant dans la journée, accompagnée d'une somnolence post-prandiale ;
- endormissement difficile, sommeil qualifié de mauvaise qualité ;
- alternance de périodes d'irritabilité et de périodes de prostration.

4.1.2 Recommandations pour les femmes en période de grossesse ou de post-partum

4.1.2.1 Activité physique et temps de sédentarité : quelles recommandations ?

Activité physique

- La période de gestation

En l'absence de contre-indication médicale, il est recommandé aux femmes en période de grossesse de commencer ou de maintenir une AP.

Tout au long de la grossesse, toute femme devrait réaliser :

- une AP cardio-respiratoire d'intensité modérée pendant une durée minimale de 30 minutes, au moins 3 fois par semaine, soit environ 3 000 pas/jour en 30 minutes, en plus des activités courantes ;

- des exercices de renforcement musculaire impliquant de grands groupes musculaires, soit avec le poids du corps soit avec des poids très légers. Ces exercices doivent être effectués 1 à 2 fois par semaine et chaque fois répétés entre 15 et 20 fois.

Ces activités de renforcement musculaire permettent d'améliorer la posture et de réduire les risques de douleurs lombaires.

En fonction du stade de la grossesse et du niveau d'AP initial (pré-grossesse) de la femme, quelques principes simples devraient être observés :

- de manière générale, privilégier la continuité et la régularité plutôt que l'intensité de l'AP (intensité modérée recommandée) ;
- pour les femmes habituellement sédentaires ou peu actives, commencer avec 15 min/jour d'AP en continu pour atteindre avant la fin du 1er trimestre de grossesse, 30 min/jour d'activité cardio-respiratoires.

Les recommandations minimales peuvent être modifiées pour tenir compte des changements biomécaniques liés à la grossesse.

Dans le cas particulier de la marche qui correspond à l'AP la plus fréquente, les femmes peuvent atteindre les recommandations précédemment décrites, en fonction de leur cadence de marche. Ainsi, toute femme en période de grossesse peut associer aux deux séances hebdomadaires d'exercices de renforcement musculaire, une marche à allure spontanée d'une durée minimale de 35 min/jour (3 500 pas/jour) et 40 min/jour (4 500 pas/jour) aux 2^{ème} et 3^{ème} trimestres de leur grossesse, respectivement (l'intensité d'une marche à allure spontanée n'atteignant généralement pas l'intensité modérée).

- La période du *post-partum*

L'auto-perception par la femme de son corps et de son état physiologique doit être prise en considération. Il faut tenir compte du type d'accouchement : voie basse avec ou sans lésion du plancher périnéal, avec ou sans césarienne.

En l'absence de lésions périnéales au cours de l'accouchement, après la consultation du post-partum, la plupart des AP peuvent être poursuivies ou reprises :

- des activités de type cardio-respiratoire (marche, natation), des exercices non balistiques, des exercices d'assouplissement, des exercices de renforcement musculaire (notamment pour les femmes qui ne présentent pas de risque d'incontinence urinaire) ;
- commencer par 3 à 5 séances d'activité de type cardio-respiratoire pendant au moins 15 minutes par jour. Les exercices de rééducation périnéale peuvent débuter immédiatement au cours du *post-partum* ;
- après la visite médicale du 6^{ème} mois après l'accouchement, les femmes peuvent retrouver un niveau d'AP correspondant au minimum à 30 minutes d'une AP modérée au moins 3 fois dans la semaine, soit 3 000 pas/jour en 30 minutes, en plus des activités courantes ;
- néanmoins, dès le 3^{ème} mois post-partum, il est possible de retrouver un niveau d'AP équivalent, voire dépassant l'AP du 1er trimestre de grossesse. Ceci doit se faire en prenant en compte le ressenti et la perception de la femme ;

Dans le cas d'une grossesse avec épisiotomie, il convient d'attendre l'avis de l'obstétricien ou du kinésithérapeute responsable de la rééducation périnéale avant de reprendre une AP.

Si une césarienne a été pratiquée, il n'y a aucun problème d'atteinte périnéale. Il est recommandé d'attendre le retour à une reconstitution anatomique de la paroi abdominale (environ 2 mois) avant de reprendre une AP.

Sédentarité

Il convient de limiter autant que possible les périodes passées en position assise ou immobile :

- rester moins de 2 heures consécutives en position assise ou semi allongée (hors période de sommeil) ;
- éviter les successions de jours avec moins de 5 000 pas réalisés.

Temps de sommeil

Une perturbation du sommeil est souvent observée au fil des trimestres. Il convient de retrouver un temps de sommeil d'au moins 7 h chaque nuit. Pour cela, il est indiqué d'observer les recommandations de gain de poids gestationnel, considérant le fait que, l'AP peut contribuer à améliorer la qualité de sommeil tout au long de la grossesse, en facilitant le contrôle de la prise de poids pendant la grossesse.

4.1.2.2 Comment atteindre ces recommandations ?

Les conseils d'un professionnel de la santé pourraient permettre d'aider la femme en période de grossesse à s'engager dans une AP ou à maintenir le niveau recommandé. Le rôle des professionnels serait de rassurer la femme en période de grossesse vis-à-vis des risques ou du rapport bénéfice-risque de son engagement dans une AP pendant cette période. Les encouragements et une implication forte du conjoint seraient également utiles.

4.1.2.3 Précautions à prendre lors de la pratique

La décision d'encourager la femme en période de grossesse à réaliser une AP doit être soumise à l'avis d'un professionnel de santé, lui-même, renseigné par des outils de mesure à l'instar du questionnaire d'aptitude à l'AP (Questionnaire Parmed-X (disponible en Français comme X-AAP), Société canadienne de physiologie de l'exercice).

Le tableau 29 synthétise les contre-indications associées à des risques lors de la pratique d'AP. Il s'agit de bonnes pratiques cliniques basées sur les critères d'exclusion généralement appliqués dans les études portant sur l'AP pendant la grossesse.

Il est conseillé d'éviter les situations d'exposition aux conditions environnementales extrêmes (hypoxiques, humides, hyperthermiques ou hyperbares).

Lors d'AP sollicitant les aptitudes cardio-respiratoires, la continuité doit toujours être privilégiée à l'intensité. Le fait de pouvoir parler (ou test de conversation) est un bon indicateur de la soutenabilité de l'activité par la femme.

Tableau 29. Contre-indications à l'activité physique pendant la grossesse selon la Société Canadienne de Gynécologie et d'Obstétrique et la Société Canadienne de Physiologie de l'Exercice

Contre-indications absolues	Contre-indications relatives ²⁶
<ul style="list-style-type: none"> - Rupture des membranes - Travail pré-terme - Hypertension gestationnelle - Bécance cervico-isthmique - Retard de croissance fœtale - Grossesse multiple - Placenta prævia après 28 SA - Saignements persistants durant les 2^{ème} et 3^{ème} trimestres - Diabète de type 1 non maîtrisé - Maladie de la thyroïde ou autre trouble grave de nature cardiovasculaire, respiratoire ou générale 	<ul style="list-style-type: none"> - Fausse couche antérieure - Naissance prématurée antérieure - Trouble cardiovasculaire léger ou modéré - Trouble respiratoire - Anémie (Hb < 100 g/L) - Malnutrition ou trouble alimentaire - Grossesse gémellaire après 28 SA - Autre problème médical

Lors d'AP de renforcement musculaire, il convient d'éviter :

- la manœuvre de Valsalva, conduisant à retenir son souffle durant les exercices ;
- de pratiquer allongé sur le dos durant les 2^{ème} et 3^{ème} trimestres de grossesse, en raison du risque de survenue d'une hypotension symptomatique due à une compression de la veine cave par l'utérus. Au 3^{ème} trimestre de la grossesse, l'AP est à adapter en fonction de l'importance de la prise de poids et de l'augmentation du volume abdominal (grandes variations inter-individuelles). Dans tous les cas, il faut éviter les AP intenses et inciter à respecter une intensité modérée adaptée aux capacités physiques de chaque femme. Il n'y a pas de limite supérieure de durée à ne pas dépasser scientifiquement établie mais la modération et le bon sens sont à respecter.
- la position de fente avant, qui augmente le risque de lésion pelvienne ;
- les exercices de renforcement abdominal à partir de la 16^{ème} semaine d'aménorrhée, due à la possibilité d'apparition d'un diastasis du grand droit.

4.1.3 Recommandations pour les femmes ménopausées

En plus de tous les bénéfices sur la santé présentés pour la population adulte, la pratique d'AP permet d'obtenir des bénéfices sur la santé osseuse de la femme ménopausée qui est particulièrement à risque d'ostéoporose et, par conséquent, à risque de fracture ostéoporotique. La pratique d'AP permet de ralentir la perte ou d'augmenter la densité minérale osseuse (rachis, col fémoral et trochanter) et permettrait de diminuer le nombre de fractures. Par ailleurs, l'AP diminue l'incidence des maladies cardiovasculaires de 25 % à 30 % chez la femme ménopausée, dont le risque cardiovasculaire est augmenté en comparaison avec la femme avant ménopause.

²⁶ laissées à l'appréciation des professionnels de santé.

Au-delà des repères destinés à la population adulte, les femmes ménopausées devraient combiner :

- des AP cardio-respiratoires à impacts (course à pied, saut, danse, exercices sur plateforme de vibration etc.), entre 15 et 30 minutes quotidiennes en fonction de l'intensité (respectivement élevée ou modérée) ;
- des AP de renforcement musculaire, mouvements de la vie quotidienne ou d'exercices spécifiques (résistance élevée), au moins 2 fois par semaine.
-

Le GT recommande donc aux femmes ménopausées de combiner au total :

- 30 minutes d'AP cardio-respiratoire d'intensité modérée à élevée au moins 5 jours par semaine ;
- 15 à 30 minutes d'AP cardio-respiratoires à impacts par jour ;
- 8 à 10 exercices de renforcement musculaire impliquant les membres supérieurs et inférieurs, répétés 10 à 15 fois par série, au moins trois fois par semaine ;
- des étirements au minimum 2 à 3 fois par semaine.

4.1.4 Recommandations pour les enfants

4.1.4.1 Enfants de 0 à 5 ans

4.1.4.1.1 Activité physique et temps de sédentarité : quelles recommandations ?

Activité physique

L'enfant âgé de 0 à 5 ans doit être actif au moins 3 heures (180 min) dans la journée ou 15 minutes par heure (pour 12 heures d'éveil).

L'intensité de l'AP doit être adaptée aux différentes activités : jeux, déplacements, éveil moteur.

L'AP des enfants doit se composer d'activités motrices variées s'appuyant sur le développement des habiletés motrices de base, par exemple la marche, la course, les sauts, les lancers, l'équilibre, etc. La combinaison de ces habiletés, parmi lesquelles figurent aussi celles liées à la découverte du milieu aquatique, permet d'augmenter la dépense énergétique et de préparer le jeune enfant à développer une motricité plus élaborée et structurée vers l'âge de 5 ans. Le caractère ludique des activités proposées doit être privilégié.

Sédentarité

Pour le petit enfant, la sédentarité inclut toutes les activités réalisées en position assise ou allongée (hors temps de sommeil et de sieste), sans dépense d'énergie supérieure à la dépense d'énergie de repos. Il est recommandé, au cours d'une même journée, de limiter la durée de ces comportements. Plus particulièrement, le petit enfant doit rester moins d'une heure en continu dans des activités sédentaires.

La sédentarité comprend également le temps passé assis, par exemple devant un écran (télévision, tablette, ordinateur, etc.). A ce sujet, il est recommandé :

- d'éviter l'exposition avant l'âge de 2 ans ;
- de limiter l'exposition à moins d'une heure par jour entre 2 et 5 ans.

Temps de sommeil

Le temps de sommeil du petit enfant est compris entre 11 et 14 heures ; la régularité de l'heure du coucher est primordiale.

4.1.4.1.2 Comment atteindre ces recommandations ?

Pour le petit enfant, tout temps libre peut être prétexte à la pratique d'une AP :

- s'appuyer sur le jeu et le plaisir (par exemple utiliser la musique) ;
- encourager l'AP spontanée de l'enfant ;
- conserver l'intensité et l'intermittence de l'activité spontanée ;
- développer la motricité de base et le plaisir de bouger ;
- proposer une variété d'activités ;
- offrir des opportunités de se dépenser physiquement pour améliorer la condition physique ;
- assurer un support positif de l'activité ;
- proposer des modèles de mode de vie actifs (parents, éducateurs, etc.) ;
- limiter les périodes trop longues de sédentarité.

Importance du cadre familial et de l'entourage

L'implication des parents apparaît déterminante afin de stimuler la motricité, de promouvoir et d'encourager l'AP du petit enfant :

- à la maison, sécuriser l'espace pour le laisser découvrir son environnement et les objets qui l'entourent (monter et descendre les escaliers, jouer à découvrir des objets, courir, sauter, lancer et attraper, danser, etc.) suivant l'amélioration de son mode de déplacement (sur le ventre, à quatre pattes puis debout) ;
- dans le jardin ou les parcs, jouer sur les structures de jeu adaptés à l'âge de l'enfant pour développer sa motricité, pour jouer avec les autres (socialisation) ; profiter de l'environnement naturel ou construit pour enrichir les expériences motrices (grimper, s'équilibrer, etc.) ;
- en promenade, apprendre à faire du vélo, de la trottinette, du patin, du ski, etc. pour développer ses sensations, améliorer son endurance et sa vitesse de déplacement, solliciter son équilibre et son orientation dans l'espace ;
- en structure associative, participer et encourager des pratiques d'éveil moteur ;
- à la piscine, proposer des activités d'accoutumance à l'eau afin de donner confiance (jouer, découvrir à son rythme).

Importance du cadre scolaire

Le milieu scolaire doit contribuer de manière déterminante au développement de la motricité de l'enfant. La valorisation des activités physiques de l'enfant doit permettre une pérennité de la pratique sur le plus long terme :

- en classe, développer la motricité dans le temps et dans l'espace, améliorer la coordination motrice, découvrir de nouvelles pratiques, faciliter la communication et l'expression, développer l'autonomie ;
- pendant les récréations, encourager les jeux et les pratiques spontanés ;
- sur le chemin de l'école, privilégier les déplacements actifs, proposer des haltes actives et ludiques (profiter d'un parc, d'escaliers, etc.).

Importance du milieu associatif

Au-delà de l'implication des parents dans la participation des petits enfants à des activités favorisant leur développement psychomoteur, les structures d'accueil ont également un rôle important à jouer :

- en structure associative, développer les pratiques d'éveil moteur adaptées dispensées par des éducateurs formés pour encadrer de très jeunes enfants ; inviter les parents à participer pour renforcer les liens.

4.1.4.2 Enfants de 6 à 11 ans

4.1.4.2.1 Activité physique et temps de sédentarité : quelles recommandations ?

Activité physique

Il est recommandé aux enfants âgés de 6 à 11 ans de réaliser au quotidien un minimum de 60 minutes d'une AP d'intensité modérée à élevée.

Chaque semaine, il est recommandé de cumuler :

- au moins 3 séances d'au moins 20 minutes d'une AP d'intensité élevée (jours non consécutifs) ;
- au moins 3 séances d'au moins 20 minutes d'une AP basée sur le travail musculo-squelettique (jours non consécutifs). Les exercices mobilisant de grands groupes musculaires et toutes les amplitudes articulaires sont à privilégier.

Les activités peuvent être distribuées sur l'ensemble de la journée en périodes d'au moins 5 minutes. Ce fractionnement correspond à au moins 600 pas par période de 5 minutes ou de préférence entre 600 et 1 200 pas par périodes de 5 minutes. Plus généralement, un mode de vie actif correspond quotidiennement à 13 000 à 15 000 pas chez les garçons et à 11 000 à 12 000 pas chez les filles.

Le GT recommande de favoriser les AP sollicitant les aptitudes cardio-respiratoires, dans cette tranche d'âge. Ces AP doivent être variées (collectives ou individuelles ; d'intérieur ou d'extérieur) et devenir de plus en plus structurées (i.e. développement des habiletés motrices fondamentales et découverte de la pratique sportive) tout en conservant la priorité à l'aspect ludique et du plaisir retiré des activités. Un encouragement à poursuivre et à augmenter les AP de la vie courante reste fondamental.

Les AP doivent solliciter le système cardio-vasculaire (intensité au moins modérée), le système musculaire (souplesse, musculation), le système osseux (activités à impacts, sauts, activités de renforcement musculaire), les aptitudes sociales et cognitives.

Sédentarité

Il est recommandé de limiter les périodes passées assises par les enfants de 6 à 11 ans :

- limiter les activités en position assise ou immobile ;
- rester moins de 2 heures consécutives en position assise ou semi allongée (hors temps de sommeil) ;
- le temps de loisir passé devant un écran devrait être limité en fonction de l'âge :
 - jusqu'à 6 ans : éviter de dépasser 60 minutes par jour ;
 - jusqu'à 11 ans : éviter de dépasser 120 minutes par jour ;

- encourager l'enfant à réaliser un minimum 5 à 10 minutes de mouvements après une période de sédentarité supérieure aux durées maximales sus-indiquées ;
- éviter des successions de jours durant lesquels l'enfant réalise moins de 7 000 pas ;

Ces objectifs peuvent être atteints en encourageant les modes de transports actifs (à pied, en vélo, etc.), notamment sur le chemin de l'école et dans le voisinage.

Temps de sommeil

Pour les enfants de 6-11 ans, il est recommandé un temps de sommeil compris entre 9 h et 11 h. Ceci implique les principes suivants :

- limiter le temps d'exposition aux écrans de toutes sortes (i.e. lumière bleue) au moins 1 heure avant le coucher ;
- veiller à la régularité de l'heure du coucher ;
- privilégier un coucher tôt plutôt qu'un allongement du sommeil matinal ;
- se conformer pendant la journée aux recommandations minimales en matière d'AP ;
- proposer des AP de faible intensité avant le coucher.

4.1.4.2.2 Comment atteindre ces recommandations ?

Pour l'enfant, la pratique quotidienne d'une AP devrait s'inscrire dans la routine, et toutes les occasions peuvent être saisies pour l'y encourager :

- s'appuyer sur le jeu et le plaisir ;
- encourager la marche (ou éventuellement l'utilisation de vélo) pour aller à l'école et en revenir ;
- encourager l'AP spontanée de l'enfant ;
- conserver l'intensité et l'intermittence de l'activité spontanée ;
- développer la condition physique pour sustenter la confiance en soi et l'auto-efficacité ;
- utiliser à bon escient les périodes intercoures ou les temps de transition entre les activités quotidiennes ;
- développer ou renforcer les habiletés motricités fondamentales ;
- initier à la découverte d'une pratique sportive (diversité des pratiques) au niveau d'habileté de l'enfant ;
- intégrer de courtes périodes (au moins 5 min) de mouvement dans l'emploi du temps quotidien ;
- assurer une autonomisation et une responsabilisation progressive dans les choix d'activités ;
- placer l'accent sur la participation plutôt que sur la compétition et la performance ;
- assurer un environnement de support (intervention des éducateurs physiques, des parents, etc.) ;
- proposer la plus grande variété d'activités possible ;
- favoriser les activités physiques collectives ou entre amis (interactions sociales positives) ;
- améliorer l'image des activités sportives auprès des jeunes publics ;
- proposer un modèle parental ;
- limiter les périodes trop longues de sédentarité.

Importance du cadre familial

L'implication des parents est primordiale afin de stimuler la motricité, de promouvoir et de sustenter l'AP de l'enfant :

- dans le jardin ou les parcs, jouer sur les structures de jeu adaptées à l'âge de l'enfant pour développer sa motricité, jouer avec les autres (socialisation) ; profiter de l'environnement naturel ou construit pour enrichir les expériences motrices (grimper, s'équilibrer...) ;
- en promenade, faire du vélo, de la trottinette, du patin, du ski... pour améliorer son endurance et sa vitesse de déplacement, son orientation dans l'espace ;
- à la piscine, proposer des activités assurant un développement et un renforcement des techniques de nage. Créer les conditions qui permettent à l'enfant de poursuivre sa découverte du milieu aquatique.

Importance du cadre social

La pratique d'activités physiques et sportives avec les pairs est valorisante et motivante pour les enfants :

- activités extrascolaires, profiter des activités physiques de loisir et de compétition ;
- activités sportives, encourager les pratiques physiques et sportives en permettant la pratique de tous les enfants et, notamment, des filles.

Importance du cadre scolaire

Le milieu scolaire doit contribuer de manière déterminante au développement de la motricité de l'enfant. La valorisation des AP de l'enfant doit permettre une pérennité de la pratique sur le plus long terme :

- en classe, favoriser les pauses mouvement, développer la motricité dans le temps et dans l'espace, améliorer la coordination motrice, découvrir de nouvelles pratiques, faciliter la communication et l'expression, développer l'autonomie ;
- pendant les périodes intercours, encourager les jeux et pratiques spontanés, offrir des opportunités de pratiques physiques libres (espaces, temps, matériel), réduire les périodes de sédentarité ;
- sur le chemin de l'école, privilégier les déplacements actifs, proposer des haltes actives et ludiques (profiter d'un parc, d'escaliers, ...) ;
- en EPS, répartir le temps alloué aux leçons (3 heures hebdomadaires) pour les rendre quotidiennes ; rentabiliser les séances disponibles pour maximiser le temps passé réellement en AP ; veiller à garantir un taux de participation élevé ;
- à la piscine, proposer des activités ludiques et variées devant permettre aux enfants une acquisition progressive des techniques de nage. Créer les conditions qui permettent à l'enfant de poursuivre sa découverte du milieu aquatique.

Importance du milieu associatif

Au-delà de l'implication des parents dans la participation des enfants à des activités favorisant leur développement psychomoteur, les structures d'accueil ont également un rôle important à jouer :

- développer les pratiques d'éveil moteur et privilégier la diversité des activités physiques pour éviter toute spécialisation précoce ; inviter les parents à participer pour renforcer les liens ;
- placer l'accent sur les activités ludiques et adaptées au niveau de développement de l'enfant ;

- veiller à ce que les activités soient dispensées par des éducateurs formés pour encadrer des enfants ;
- inviter les parents à participer pour renforcer les liens et s'assurer qu'ils apportent un soutien positif aux enfants ;
- respecter les besoins des enfants pour garantir leur motivation et éviter les risques d'épuisement/d'abandon dus à une spécialisation précoce ;
- adapter les formes de compétition afin d'assurer le plaisir que retire l'enfant de la pratique.

4.1.4.3 Précautions à prendre lors de la pratique

La tenue et l'équipement, les conditions matérielles et environnementales ainsi que les objectifs fixés doivent être adaptés à la pratique choisie et au pratiquant afin de minimiser les risques de blessure.

4.1.5 Recommandations pour les adolescents (12 à 17 ans)

4.1.5.1 Activité physique et temps de sédentarité : quelles recommandations ?

Activité physique

Il est recommandé aux adolescents âgés de 12 à 17 ans d'adopter un mode de vie actif en pratiquant au moins 60 minutes d'AP d'intensité modérée à élevée par jour dont :

- au moins 3 séances de 20 minutes par semaine d'AP à intensité élevée (jours non consécutifs) ;
- 3 séances de 20 minutes par semaine d'AP basée sur le travail musculo-squelettique (jours non consécutifs). Les exercices dynamiques en charge sont à privilégier. Les exercices mobilisant de grands groupes musculaires et toutes les amplitudes articulaires sont à privilégier. Les AP doivent être variées (collectives ou individuelles ; de loisir ou de compétition, etc.) et solliciter le système cardio-vasculaire (intensité au moins modérée), le système musculaire (souplesse, musculation), le système osseux (activités à impacts, sauts, activités de force), les aptitudes sociales et cognitives.

⇒ Aucune AP n'est interdite.

Concernant le nombre de pas, un mode de vie actif correspond à 10 000 à 11 700 pas/j.

Sédentarité

Il est recommandé de limiter les périodes de sédentarité et d'inactivité en :

- ne restant pas plus de 2 heures consécutives en position assise ou semi-allongée (hors sommeil) ;
- réalisant 5 à 10 minutes de mouvement après une période de sédentarité supérieure à 2 heures (intensité modérée à élevée) ;
- veillant à éviter la succession de jours où moins de 7 000 pas par jour ont été effectués.

Temps de sommeil

Les recommandations concernant le temps de sommeil pour l'adolescent de 12 à 17 ans se situent entre 8 h 30 et 9 h 30, à ce titre :

- éviter les dettes de sommeil pour limiter les risques de surpoids et d'obésité ;
- avoir une AP régulière sollicitant les aptitudes cardio-respiratoires d'intensité au moins modérée.

4.1.5.2 Comment atteindre ces recommandations ?

Pour l'adolescent, la pratique quotidienne d'une AP devrait s'inscrire dans la routine, et toutes les occasions peuvent être saisies pour l'y encourager :

- encourager les activités physiques qui plaisent ;
- favoriser les activités physiques entre amis ;
- optimiser et profiter des temps de transition ;
- choisir une AP qui correspond aux attentes des adolescents ;
- permettre un développement individualisé des aptitudes sportives ;
- renforcer la confiance en soi, l'estime de soi ;
- maintenir puis améliorer la condition physique (cercle vertueux) ;
- limiter les périodes trop longues de sédentarité ;
- intégrer des courtes périodes de mouvement dans son emploi du temps.

Importance du cadre familial

L'implication de la famille dans les AP de l'adolescent est un levier important. La disponibilité des parents permet :

- la pratique d'AP de loisir en famille ;
- un soutien visant à encourager les pratiques ;
- une organisation amenant à une réduction des périodes de sédentarité.

Importance du cadre amical

La pratique d'AP avec les pairs est valorisante et motivante pour les adolescents :

- dans le cadre de structures organisées telles que des clubs sportifs, des associations diverses proposées par les services publics ou des initiatives privée pour encourager les pratiques physiques et sportives ;
- dans le cadre d'une pratique libre où les jeunes s'organisent de manière autonome pour partager les activités physiques de loisir et de compétition.

Importance du milieu scolaire

Le cadre scolaire constitue un maillon indispensable pour maintenir un niveau de condition physique satisfaisant, améliorer les facteurs de santé physique et mentale, favoriser les relations psychosociales. Pour ce faire, il est recommandé :

- en EPS, d'augmenter les périodes de pratiques d'activités physiques quotidiennes et hebdomadaires ;
- pendant les temps libres, d'offrir des espaces de pratiques physiques libres, réduire les périodes de sédentarité.

Importance de l'environnement physique et des transports

Il est recommandé aux adolescents d'intégrer des déplacements actifs dans leur emploi du temps, d'optimiser les temps de transition par des AP et de limiter les comportements sédentaires ou de faible dépense d'énergie.

4.1.5.3 Précautions à prendre lors de la pratique

La tenue et l'équipement, les conditions matérielles et environnementales doivent être adaptés à la pratique choisie afin de minimiser les risques de blessure.

4.1.6 Recommandations pour les personnes âgées de plus de 65 ans

4.1.6.1 Activité physique et sédentarité : quelles recommandations ?

Activité physique

Il est recommandé aux personnes âgées d'être actives tous les jours et de pratiquer des activités sollicitant les aptitudes cardio-respiratoires, de renforcement musculaire, d'équilibre et de souplesse. Ces capacités sont essentielles aux personnes âgées pour réaliser les activités de la vie quotidienne telles que monter et descendre les escaliers, monter et descendre du bus, sortir le linge de la machine à laver, porter les courses, etc.

Ces activités peuvent être réalisées lors de la vie quotidienne ou être réalisées pendant une séance spécifique. Certaines AP peuvent également être privilégiées pour solliciter plus particulièrement l'une de ces fonctions. Les bénéfiques sur la santé seront d'autant plus importants que les AP pratiquées seront variées tant dans leur nature que dans leur type.

Concernant les AP sollicitant les aptitudes cardio-respiratoires, il est recommandé de pratiquer au moins :

- 30 min d'AP cardio-vasculaires d'intensité modérée par jour, au moins 5 fois par semaine ;
- ou 15 min par jour d'activités physiques cardio-respiratoires d'intensité élevée, au moins 5 fois par semaine ;
- ou une combinaison d'activités physiques d'intensité modérée et élevée, sachant que 1 min d'AP d'intensité élevée équivaut à 2 min d'AP d'intensité modérée.

Ces recommandations, lorsqu'intégrées à un mode de vie actif, s'ajoutent au nombre de pas de la vie quotidienne pour correspondent à 7 000 à 10 000 pas/j. Ce mode de vie actif, soit ces

recommandations s'ajoutant à l'ensemble des pas de la vie quotidienne, correspondent à 7 000 à 10 000 pas/j.

Propositions d'AP (Tableau 30) :

- activités domestiques : travaux ménagers, jardinage, bricolage ;
- activités liées au transport : marcher ou prendre son vélo pour aller dans un commerce de proximité, etc. ;
- activités physiques de loisirs : marche, natation, vélo, rameur, course à pied, golf, danse, etc.

En fonction de la nature de l'AP cardio-respiratoire pratiquée, notamment en cas d'activités portées ne générant pas ou très peu d'impacts mécaniques sur les os (natation, vélo), les activités visant un renforcement musculaire s'avèrent complémentaires et nécessaires pour limiter la déminéralisation osseuse liée à l'avancée en âge.

Concernant les AP de renforcement musculaire, il est recommandé de pratiquer d'intensité modérée à élevée 2 jours par semaine ou plus, de préférence non consécutifs, à raison de 8 à 10 exercices répétés 8 à 12 fois chacun. Ces exercices doivent solliciter les principaux grands groupes musculaires des membres inférieurs, des membres supérieurs et du tronc.

Une durée d'exercice n'est pas recommandée mais les exercices doivent être réalisés jusqu'au moment où il devient difficile de les répéter encore une fois, sans aide.

Propositions d'AP (Tableau 30) :

- exercice utilisant le poids corporel, celui d'un partenaire ou d'un mur comme point résistance (redressements assis, oppositions, appuis), avec du petit matériel (bandes élastiques, bracelets lestés, petites haltères) ou des appareils de renforcement musculaire à charge guidée (rameur, vélo d'appartement, ...) ;
- activités de jardinage ou de bricolage lourd, comme lever et porter, creuser, bêcher ou pelleter ;
- exercices réalisés dans des AP entraînant une résistance (vélo, gymnastique aquatique, gymnastique d'entretien avec des poids), le maintien de posture (yoga, Tai Chi) ou des activités impliquant des sauts (.

Concernant l'amélioration de l'équilibre, des exercices spécifiques peuvent être intégrés aux AP quotidiennes ou aux AP de loisirs lors de séances dédiées, au moins 2 jours par semaine, non consécutifs. Il est recommandé de répéter 3 à 5 fois, une série de 5 à 10 exercices. La durée de chaque exercice peut varier de 10 à 30 secondes.

Proposition d'activités physiques (tableau 30) :

- des exercices d'équilibre peuvent s'intégrer à des moments du quotidien : se brosser les dents sur un pied, marcher dans la rue en suivant une ligne ou une bordure, se tenir debout en fermant les yeux, etc. ;
- des exercices posturaux et d'équilibration spécifiques peuvent également être réalisés à partir de supports instables (sol mou, plateau mobile, trampoline), ou sans matériel spécifique, en conditions sensorielles modifiées (au niveau visuel ou en variant la position de la tête), d'un déplacement intégrant des changements de direction, de franchissement d'obstacle ou d'évolution sur un espace limité au sol (corde, poutre, etc.) ou une surface réduite d'appui du pied (pointe de pieds, talons, etc.).

Concernant la souplesse, des exercices de souplesse peuvent être réalisés lors de séances dédiées structurées ou plus informelles, au moins 2 jours par semaine pendant au moins 10 minutes. Les exercices doivent solliciter les principaux grands groupes musculaires et être répétés 3 à 4 fois chacun en maintenant un étirement statique pendant 10 à 30 secondes.

L'intensité de l'effort peut être appréciée sur une échelle graduée de 0 à 10, déterminant le niveau d'effort ressenti. Les niveaux 5 et 6 correspondent à l'intensité recommandée (ACSM, MSSE 2009).

Propositions d'AP (Tableau 30) :

- exercices d'assouplissements spécifiques visant les groupes musculaires extenseurs et fléchisseurs des ceintures scapulaire et pelvienne et du tronc ;
- nature des assouplissements : passifs et statiques à l'issue d'une séquence d'exercices d'endurance ou de force (pour faciliter la récupération et limiter des effets raccourcissant des contractions musculaires répétées) et contracter-relâcher-étirer en séquence (activité) spécifique (pour augmenter l'amplitude articulaire)

Temps de sédentarité

Quel que soit le contexte, il est recommandé de :

- limiter le temps total quotidien passé assis ou allongé
- fractionner le temps passé à des activités sédentaires ;
- être plus actif au quotidien, en augmentant les AP d'intensité faible.

Les raisons qui conduisent les personnes âgées de plus de 65 ans à rester assises de façon prolongée (douleur physique, incapacité fonctionnelle, manque de motivation, dépression, etc.) correspondent également à des aspects qui peuvent être améliorés par l'AP.

4.1.6.2 Comment atteindre ces recommandations ?

L'âge n'est pas un facteur limitant, il n'est jamais trop tard pour commencer à être physiquement actif et en ressentir les bénéfices. Il est nécessaire que les personnes âgées soient conscientes des effets bénéfiques de l'AP et qu'elles ne pensent pas que celle-ci peut être dangereuse.

Quel que soit le contexte ou le but de pratique, les AP réalisées dans les différents contextes comptent, que ce soit à la maison, pour se déplacer, dans le cadre des loisirs ou de toutes activités occupationnelles. Il est nécessaire d'intégrer l'AP dans le quotidien et de l'appréhender dans sa globalité, sur une journée entière.

La pratique d'une AP doit être vue comme une opportunité et non comme une contrainte. L'important est de pratiquer des AP qui donnent du plaisir.

Le soutien social, en particulier le contact avec les pairs, est un levier important. Une pratique en groupe favorise les rencontres et les possibilités de pratique. De bon rapport avec le professionnel de l'AP qui les accompagne est un gage d'adhésion à la pratique encadrée.

Il est important de commencer doucement et d'augmenter progressivement l'AP jusqu'à atteindre le niveau recommandé voire plus. Il est suggéré de pratiquer des AP d'intensité modérée la plupart des jours de la semaine, de préférence tous les jours mais il faut penser aussi à faire régulièrement des activités d'intensité plus élevée pour des bénéfices supplémentaires sur la santé et la condition physique.

Tableau 30. Exemples d'AP pour la population générale

Contexte	AP cardio-respiratoire	Renforcement musculaire	Equilibre*	Souplesse
Domestique	<p>Marche (rapide) Marche en montée Montée d'escaliers Travaux ménagers (passer l'aspirateur, etc.) Jardinage Bricolage</p>	<p>Marche (rapide) Marche en montée Montée d'escaliers (courses, bricolage) Jardinage (creuser, bêcher, etc.) Se mettre debout à partir d'une position assise S'accroupir Lever et porter des charges lourdes</p>	<p>Se tenir debout sur une jambe</p>	<p>Travaux ménagers</p>
Transport	<p>Montée d'escaliers Monter et descendre du bus, etc. Marcher pour se rendre dans un commerce de proximité, etc.</p>	<p>Montée d'escaliers</p>	<p>Utiliser le vélo, la trottinette</p>	
Loisir	<p>Marche Natation Vélo Rameur Course à pied Gymnastique aérobic, aquatique Golf Raquettes (Neige) Danse etc.</p>	<p>Vélo Danse Natation Gymnastique aquatique ou d'entretien Tai chi Golf Exercices utilisant le poids corporel ou un mur comme point résistance (redressements assis, oppositions, appuis), avec du petit matériel (bandes élastiques, bracelets lestés, haltères) ou des appareils de renforcement musculaire (rameur, vélo d'appartement, ...)</p>	<p>Vélo Danse Pétanque Golf Tai chi Yoga Marche (en arrière, de côté, sur les talons, sur les pointes de pieds, etc.), marche en suivant une ligne ou une bordure Exercices posturaux et d'équilibration à partir de supports instables (sol mou, plateau mobile), de conditions sensorielles modifiées (au niveau visuel ou en variant la position de la tête), d'un déplacement intégrant des changements de direction, de franchissement d'obstacle ou d'évolution sur un espace limité au sol ou une surface réduite d'appui du pied (pointe de pieds, talons, etc.).</p>	<p>Tai chi Golf Yoga Pétanque Exercices d'assouplissements spécifiques (étirements)</p>

* recommandé pour les personnes âgées de plus de 65 ans.

4.1.7 Recommandations pour les personnes LFA

4.1.7.1 Activité physique et temps de sédentarité : quelles recommandations ?

Comme la population générale, les personnes LFA peuvent tirer de forts bénéfices pour leur santé et leur qualité de vie d'une AP régulière et d'une sédentarité limitée. Cependant les recommandations érigées pour la population générale ne sont pas toujours transférables aux personnes LFA, pouvant être inappropriées, impossibles à mettre en œuvre ou contre-indiquées. La nature et les caractéristiques de chaque déficience ou pathologie, le degré de limitation fonctionnelle, les dérégulations des réponses homéostatiques (notamment dans les réponses à l'exercice), peuvent imposer la prudence et un haut niveau de compétence des encadrants (dans le cas des activités encadrées) dans la mise en activité de ces personnes selon les circonstances ou pathologies et déficiences concernées.

4.1.7.1.1 Activité physique

Les repères pour la population générale sont, de manière générale, également recommandées pour les personnes LFA :

- 30 minutes d'AP cardio-respiratoires d'intensité modérée à élevée quotidienne, pouvant être réparties sur la journée, associées à du renforcement musculaire, au moins 2 fois par semaine. Ces AP seront de préférence réparties sur la semaine ;
- en raison notamment de l'hétérogénéité de la population LFA, s'il peut être donné de grandes lignes directrices en matière d'AP, il reste aujourd'hui difficile de conclure sur le type, la durée, la fréquence et les intensités à recommander ;
- quel que soit le contexte de pratique, en fonction de la nature, du degré de la LFA et de la condition physique de l'individu, des adaptations sont nécessaires (quantité totale d'AP, matériel, encadrement, conditions de pratique/de sécurité, etc.), en particulier, concernant l'intensité et la durée de l'AP, qui seront généralement inférieurs aux repères donnés pour la population générale, plus particulièrement lorsque le degré de LFA, les symptômes secondaires, les éventuels traitements ou l'état de déconditionnement associé, sont les plus marqués, ou pour les personnes vieillissant avec une LFA.

Plus la perte de fonctionnalité et les conséquences de la déficience ou pathologie sont importantes, plus un encadrement qualifié et une individualisation de la pratique est nécessaire.

Concernant l'intensité de l'AP, les repères sont particulièrement à réviser pour des individus à mobilité réduite ou en situation de déconditionnement. Des activités d'intensité modérée pour la population générale correspondront souvent à une intensité moindre. Une activité d'intensité modérée, comprise entre 3 et 5,9 METs en population générale, correspondra à 2,5 METs pour une personne de faible condition physique (VO_2 max en équivalent métabolique égale à 5 METs), alors qu'elle correspond entre 4,5 à 5 METs pour un individu non déconditionné (VO_2 max en équivalent métabolique entre 10 et 12 METs) (Tableau 31).

Concernant la durée de pratique, il est recommandé de commencer par des temps plus courts à augmenter graduellement au fur et à mesure des progrès, jusqu'à atteindre et dépasser les repères. La durée quotidienne totale d'activité minimale recommandée peut être inférieure aux 30 minutes quotidiennes pour les personnes LFA vieillissantes ou dont la fonctionnalité est très altérée : par exemple, pour les personnes atteintes d'une blessure médullaire, au moins 20 minutes d'activités aérobies d'intensité modérée à élevée 2 fois par semaine auxquelles s'ajoute un entraînement de la force musculaire deux fois par semaine peuvent être recommandés. La durée totale d'AP peut être répartie par périodes sur la journée, comme pour la population générale.

Tableau 31. Pénibilité et contraintes cardio-respiratoires d'une intensité absolue d'AP en fonction des valeurs individuelles de VO₂max (Howley 2001)

Intensité	Activité physique sollicitant l'aptitude cardiorespiratoire										Exercice de renforcement musculaire	
	Intensité relative			Intensité (METs et % VO ₂ max) pour des adultes sains de VO ₂ max différents								Intensité relative
	% VO ₂ réserve	% FC max	Estimation de l'effort perçu (échelle de Borg)	VO ₂ max = 12 METs		VO ₂ max = 10 METs		VO ₂ max = 8 METs		VO ₂ max = 5 METs		
	% FCr			METs	% VO ₂ max	METs	% VO ₂ max	METs	% VO ₂ max	METs	% VO ₂ max	%1 RM
Très faible	< 20	< 50	< 10	< 3,2	< 27	< 2,8	< 28	< 2,4	< 30	< 1,8	< 36	< 30
Faible	20-39	50-63	10-11	3,2-5,3	27-44	2,8-4,5	28-45	2,4-3,7	30-47	1,8-2,5	36-51	30-49
Modérée	40-59	64-76	12-13	5,4-7,5	45-62	4,6-6,3	46-63	3,8-5,1	48-64	2,6-3,3	52-67	50-69
Elevée	60-84	77-93	14-16	7,6-10,2	63-85	6,4-8,6	64-86	5,2-6,9	65-86	3,4-4,3	68-87	70-84
Très élevée	≥ 85	≥ 94	17-19	≥ 10,3	≥ 86	≥ 8,7	≥ 87	≥ 7,0	≥ 87	≥ 4,4	≥ 88	≥ 85
Maximale	100	100	20	12	100	10	100	8	100	5	100	100

Concernant la fréquence de pratique, les préconisations sont moins précises. Une fréquence de pratique trop élevée peut aboutir à une surcharge et un abandon définitif de la pratique. De ce fait, il est souhaitable de préconiser un temps de récupération long entre deux séances d'exercice en début de programme (au moins 48 h), puis augmenter progressivement la fréquence d'AP pour aboutir à une pratique quotidienne.

Si la personne est habituellement sédentaire à très sédentaire, la première étape de modification de son profil d'activité sera la rupture régulière des temps de sédentarité par la promotion d'activités, même s'il s'agit d'intensité légère et même la mise en activité est de courte durée.

Concernant le type de pratique, les AP sollicitant les aptitudes cardio-respiratoire, visant au développement de la condition physique générale sont à mettre en avant, particulièrement car les personnes LFA sont plus susceptibles d'être dans un état de faible condition physique voire de déconditionnement. Comme pour la population générale, des bénéfices complémentaires peuvent être obtenus en associant à ces activités, des AP de renforcement musculaire et d'entretien de la mobilité.

4.1.7.1.2 Sédentarité

La limitation des comportements sédentaires est nécessaire, particulièrement dans cette catégorie de population, beaucoup plus encline à la sédentarité. Il est recommandé de limiter le temps total passé quotidiennement dans des activités sédentaires ainsi que les périodes prolongées passées immobile avec une dépense énergétique très faible.

Caractériser les comportements sédentaires, définis à la fois par une posture assise ou allongée et une dépense énergétique proche de celle de repos, s'avère plus compliqué chez les personnes ayant une mobilité réduite : l'utilisation de repères de posture tels que « être assis » ou « être debout » ou encore « marcher » peut être inadéquate et il n'existe pas de seuils de dépense énergétique ou de mouvements spécifiques à ces circonstances. Les recommandations destinées à la population générale sont donc difficilement transférables aux personnes à mobilité réduite.

Néanmoins, outre l'adaptation des critères et de leur formulation indispensable, les recommandations concernant la sédentarité préconisées pour la population générale restent valables pour la population des personnes LFA. Elles vont même représenter un aspect encore plus crucial chez ce public davantage enclin à la sédentarité. Leur mise en œuvre doit être, comme les recommandations concernant l'AP, adaptée en fonction du niveau d'AP/déconditionnement initial de la personne et en fonction de la nature et du degré de limitation fonctionnelle.

Comment parvenir aux recommandations ?

Promouvoir une pratique d'AP régulière demande de considérer attentivement à la fois les barrières spécifiques à la pratique rencontrées et les considérations médicales indispensables du fait des caractéristiques et besoins propres à ce public.

4.1.7.1.3 Chez les enfants et les adolescents LFA

Les repères établis pour les enfants et les adolescents en population générale sont valables pour les enfants et les adolescents LFA, avec les mêmes restrictions et précautions que celles exposées pour les adultes. Les intensités de pratique doivent être ajustées en fonction de la déficience ou de la pathologie de l'enfant, de son statut médical, de son profil d'activité habituel et de son état de sédentarité ou de déconditionnement. Les durées de pratiques sont le plus souvent plus courtes que celles données pour les enfants de la population générale ; les recommandations pour les enfants LFA correspondant généralement à celles des adultes de la population générale, soit 30 minutes quotidiennes d'AP d'intensité modérée, sollicitant l'endurance cardio-respiratoire.

Un programme d'AP chez l'enfant ou l'adolescent LFA doit être basé sur son statut de santé : conséquences de la pathologie dont est atteint l'enfant, état clinique, contre-indications et précautions de sécurité, mais aussi sur ses besoins et intérêts/préférences, avec les mêmes objectifs de développement et de santé que ceux de la population générale (Johnson 2009, Murphy and Carbone 2008). La disponibilité de programmes existants et des équipements, la compétence de l'encadrement, les contextes locaux, régionaux et nationaux, les barrières sociales à la participation doivent également être considérés, mais aussi et surtout la famille : ses considérations, sa disponibilité, ses conditions financières qui ont également des conséquences majeures sur les pratiques de l'enfant (Murphy and Carbone 2008).

4.1.7.2 Précautions à prendre lors de la pratique

Outre la prise en compte des contre-indications particulières à la déficience ou pathologie, à l'état de santé et au statut clinique, une attention marquée aux réponses homéostatiques spécifiques est indispensable.

Il convient également d'être vigilant à la surcharge musculaire ou articulaire locale éventuelle pour les personnes à mobilité réduite, engendrant un risque de blessure ou une altération qui pourrait compromettre l'investissement de la personne dans ses activités quotidiennes (Martin Ginis and Hicks 2007, Field et al. 2007), notamment pour les personnes vieillissant avec une déficience (de Vries et al. 2012) ou utilisatrices d'un fauteuil roulant (Jacobs and Nash 2004, Martin Ginis and Hicks 2007).

Il faut que l'activité proposée soit accessible et attrayante, pour que la personne puisse y adhérer de façon durable et modifier ses habitudes de vie. En effet, si l'exercice à intensité élevé donne beaucoup plus de résultats sur une courte durée, il n'est pas soutenable durablement pour des personnes n'ayant pas la condition physique permettant de le supporter (capacité de récupération), et sera surtout abandonné quand la personne se trouvera seule pour poursuivre la pratique après un programme encadré par exemple. Une attention particulière doit être apportée à l'ajustement des repères d'intensité aux caractéristiques de la personne.

Toutes ces adaptations sont d'autant plus indispensables que la vulnérabilité/fragilité du public est grande et requièrent un niveau de compétence d'autant plus élevé de l'encadrement pour garantir les bénéfices attendus et la sécurité du pratiquant.

4.1.8 Recommandations relatives au sommeil pour toutes les catégories de population

Les AP sollicitant les aptitudes cardio-respiratoires, dynamique et avec déplacement, sont les plus efficaces pour combattre les troubles du sommeil. Il s'agit, par exemple, de la marche, de la course, de la nage ou du vélo à allure régulière et à intensité modérée à élevée, en privilégiant la durée à l'intensité de la pratique.

La régularité dans la pratique est recommandée. Une pratique répartie sur la semaine est à privilégier (3 à 4 pratiques d'AP de 30 min, réalisées sur 3 à 4 jours différents sont à préférer à 2 h une fois par semaine, suivi de plusieurs jours sans AP).

En raison des troubles du sommeil plus fréquents chez les personnes âgées, les bénéfices de l'AP sur le sommeil sont majeurs dans cette catégorie de population.

Pour favoriser l'éveil pendant la journée et le sommeil pendant la nuit (rythme veille-sommeil), les AP en extérieur, exposant à la lumière du jour doivent être privilégiées. La qualité et la quantité du sommeil sont favorisées quelle que soit l'heure de la journée pendant laquelle l'AP est pratiquée. L'effet est toutefois particulièrement positif pour une pratique entre 15 et 19 h. Pour ne pas retarder l'endormissement, il est recommandé d'éviter les activités physiques d'intensité élevée après 21 heures.

Concernant la sédentarité, pour diminuer les troubles du sommeil, il est recommandé de limiter les comportements sédentarité, et particulièrement chez l'enfant, l'adolescent et la personne âgée, chez qui les effets délétères de ces comportements sur le sommeil ont été clairement établis.

La fatigue consécutive à une AP, dépendante de l'intensité et de la durée de celle-ci, peut induire de la somnolence plusieurs heures après cette activité. Cette somnolence augmente considérablement le risque d'accident (chute, accident de la route, etc.). Il est donc déconseillé de prendre le volant, ou conseillé de le faire avec prudence, après une compétition ou après une AP inhabituelle (longue marche le week-end, sortie de ski, etc.).

Ces recommandations s'appliquent à tous y compris les personnes ayant des rythmes biologiques perturbés.

4.2 Recommandations ciblées

La promotion de l'AP et la lutte contre la sédentarité nécessitent des stratégies d'intervention indépendantes mais complémentaires.

Les facteurs associés à l'activité physique et à la sédentarité identifiés dans la partie 3.2 du présent rapport peuvent constituer des freins ou des leviers à la pratique d'activité physique. L'identification et la compréhension de ces facteurs sont d'une importance majeure pour développer et améliorer les interventions de santé publique visant à promouvoir l'activité physique ou à réduire la sédentarité. Il est nécessaire de les prendre en compte dans l'établissement des mesures de gestion.

Les principaux facteurs associés à la pratique d'activité physique sont des facteurs :

- démographiques : jeune âge (au sein de chaque population d'âge considérée), sexe masculin, bon état de santé et niveau d'éducation élevé ;
- psychosociaux : niveau élevé d'auto-efficacité et de compétence physique perçue, bonne image de soi et plaisir à pratiquer ;
- comportementaux : antécédents de pratique ;
- liés à l'environnement : potentiel piétonnier du quartier élevé, connectivité des rues, proximité des destinations non résidentielles, accessibilité et disponibilité des équipements, densité de population, sécurité du trafic, utilisation des transports publics ;
- liés à l'environnement social : soutien social.

Les principaux facteurs associés à l'inactivité physique sont le surpoids, la sécurité du voisinage perçue par les parents et les enfants, particulièrement par les filles, le manque de temps et les difficultés perçues.

Les principaux facteurs associés à la sédentarité sont l'avancée en âge et le surpoids. Pour les adultes, s'ajoutent le chômage et le faible niveau d'éducation, des symptômes dépressifs. Pour les enfants, s'ajoutent les facteurs liés au contexte familial (niveau d'éducation de la mère, niveau de revenu de la famille, nombres d'écrans par ménage et mise en place de règles associées) et à l'environnement (établissement scolaire situé dans une zone d'éducation prioritaire).

Tous ces facteurs sont détaillés par population dans la partie 3.2 du rapport.

De nombreuses initiatives ont été prises pour tenter de modifier ces comportements et encourager la pratique d'AP. Elles sont essentiellement liées aux loisirs et aux déplacements. Il apparaît nécessaire de valoriser ces initiatives et de favoriser la coordination entre les parties prenantes afin d'assurer la transposabilité des actions. Il serait par ailleurs utile d'identifier les outils nécessaires à l'évaluation des effets de la mise en œuvre de ces actions sur l'évolution des comportements, la santé et l'environnement, et d'appréhender l'effet des interventions des parties prenantes dans des projets structurés autour de la ville, des transports, des services, etc. Suivant une telle approche, les premières pistes à explorer sont proposées ci-après.

4.2.1 Recommandations destinées aux pouvoirs publics

Recommandations générales :

- mener des actions d'information, de promotion et d'incitation à la pratique ; informer sur les offres de pratique d'AP ;
- sensibiliser à la problématique et incitation à la réduction de la sédentarité ;
- favoriser la diversification des activités physiques ;
- sensibiliser les professionnels de l'urbanisme, de la santé, etc., au cours de leur formation, à l'intérêt de favoriser la mobilité active.

4.2.1.1 Urbanisme

- aménager l'environnement urbain (sécurité, accessibilité, esthétisme, potentiel piétonnier et espaces protégés de déplacement à vélo) et le mobilier urbain, préserver ou développer les espaces verts (création d'agrès fixe et horaires d'accès) ;
- favoriser les transports collectifs, le potentiel piétonnier et les intermodalités ;
- valoriser les espaces publics pour favoriser la pratique ;
- favoriser les installations dédiées (proximité, accessibilité, sécurité, entretien, horaires d'accès) ;

4.2.1.2 Milieu professionnel

- promouvoir l'AP pour tous sur les lieux de travail, par un aménagement du temps de travail (horaires) et la mise à disposition de lieux de pratique (et de lieux de restaurations associés) ;
- favoriser la réduction de la sédentarité, par l'aménagement du poste et du temps de travail (autoriser le fractionnement du temps de travail et les pauses actives).

4.2.1.3 Milieu éducatif

- Promouvoir l'AP pour tous par et dans les milieux éducatifs, grâce à un aménagement des horaires et une mise à disposition de lieux de pratique ;
- promouvoir l'AP pour la santé dans le système éducatif ;
- favoriser la réduction de la sédentarité, par l'aménagement de l'espace de travail et du temps scolaire (autoriser le fractionnement du temps de travail et les pauses actives) ;
- augmenter le nombre d'heures d'AP à l'école et modifier sa répartition.

Enfants de 0 à 11 ans

- développer et sécuriser les espaces de jeu adaptés et amplifier leur déploiement ;
- encourager la multiplication des associations et des infrastructures adaptées au développement psychomoteur du petit enfant ;
- amplifier le déploiement dans les écoles des espaces de jeu adaptés ;
- promouvoir l'implication des parents dans l'AP quotidienne de leurs enfants et insister sur l'importance du support et du modèle parental, spécialement important dans cette tranche d'âge ;
- insister sur les déterminants psychosociaux de la pratique (tels que la compétence, l'autonomie, les interactions sociales et le plaisir) dans la formation des éducateurs physiques et autres professionnels impliqués dans l'encadrement des enfants ;
- veiller à la qualité de l'encadrement des AP ;
- renforcer la formation des personnels scolaires et les initiatives soutenant globalement l'AP dans les structures d'accueil spécifiques à l'école.

Adolescents de 12-17 ans

- sécuriser et développer les moyens de transports actifs ;
- améliorer l'accessibilité et la proximité des infrastructures de pratiques ;
- développer des associations de pratiques physiques à vocations diverses (santé, forme, compétition, loisir, etc.);
- valoriser et s'appuyer sur les relations sociales pour promouvoir les activités physiques.

4.2.1.4 Personnes âgées de plus de 65 ans

Certaines propositions formulées par le groupe de travail « Dispositif d'activités physiques et sportives en direction des âgés » (Rivière 2013)²⁷ méritent d'être rappelées :

- mettre en place des campagnes nationales d'informations, de communication et de sensibilisation des personnes âgées aux bienfaits de l'AP, notamment pour les personnes des catégories socioprofessionnelles les moins favorisées et les publics vivant en zone rurale ;
- promouvoir les AP qui s'inscrivent au quotidien, à destination des personnes âgées sans problème de santé ou fragiles, notamment par diffusion de messages dans les lieux publics ;

²⁷ Fin 2013, le groupe de travail « Dispositif d'activités physiques et sportives en direction des personnes âgées » présidé par le Pr. Rivière remet son rapport aux autorités de tutelle ; ce groupe de travail avait pour mission de proposer des cahiers des charges pour la mise en oeuvre d'une offre d'AP et sportive adaptée pour un public de seniors (50 ans et plus) sans problème de santé, à risques identifiés ou dépendants. Les propositions d'action doivent permettre de faire en sorte que les personnes âgées puissent être informées (de l'intérêt de l'AP, de l'offre d'AP), accueillies (formation des intervenants, harmonisation des actions, etc.), et prises en charge (personnalisation des pratiques, lieux de pratique adaptés, etc.).

- inscrire l'AP pour les seniors comme une action obligatoire pour les associations subventionnées par les communes ;
- pour les personnes âgées fragiles, généraliser les consultations médicales de préconisation de l'AP ;
- développer et généraliser l'offre d'AP dans les foyers et résidences pour personnes âgées et dans les établissements d'hébergement pour personnes âgées et personnes âgées dépendantes (EHPA, EHPAD). La mise en place des AP doit être intégrée dans le projet d'établissement et doit se traduire chez les personnes dépendantes, par l'élaboration d'un projet personnalisé individuel après évaluation médicale et paramédicale ;
- généraliser et proposer des programmes spécifiques de prévention des chutes validés scientifiquement.

4.2.1.5 Personnes LFA

- Promouvoir l'AP pour la santé des personnes LFA dès le diagnostic ou au plus tôt ;
- développer les politiques d'incitation et de soutien à la pratique d'AP spécifiques, développer les actions de prévention pour ces publics, améliorer l'information et l'accès à l'information et les opportunités de participation spécifiques ;
- améliorer l'accessibilité et la proximité des infrastructures de pratiques ;
- promouvoir l'AP pour la santé dans les structures d'accueil et de soins ;
- veiller à la qualité de l'encadrement, spécialisé dans la prise en charge des personnes LFA.

4.2.2 Recommandations destinées aux professionnels de la santé

Ces recommandations aux professionnels de santé s'adressent autant aux médecins qu'aux autres professionnels de santé (pharmaciens, kinésithérapeutes, etc.).

Les informations à transmettre concernent :

- les bénéfices et les risques de l'AP et de la sédentarité, au regard de l'émergence et l'augmentation de l'incidence des pathologies chroniques, des facteurs de risque de ces pathologies, de la qualité de vie et du bien-être ;
- la promotion de l'AP et de la réduction de la sédentarité, pour toutes les catégories de population ;
- la formulation de conseils de pratique de l'AP, adaptée aux caractéristiques de la personne (notamment des conseils de progressivité, de moyens de mise en place et de maintien de la pratique, des objectifs à fixer, des risques liés).

4.2.3 Recommandations destinées aux professionnels de l'activité physique et du sport

- Tenir compte et faire appliquer la spécificité de l'AP en fonction des périodes de la vie : croissance, maturation, vieillissement, etc. ;
- considérer les déterminants et les facteurs associés à l'AP pour construire une offre de pratique permettant de fidéliser les pratiquants et de promouvoir l'AP ;

- renforcer la formation des intervenants sur la connaissance des bénéfices de l'AP sur la santé en prévention primaire afin de promouvoir l'AP ;
- introduire dans les formations des contenus portant sur les moyens pour modifier les comportements et adopter un mode de vie actif ;
- consolider les connaissances et les compétences des intervenants sur les différentes modalités de l'AP et ses effets sur les composantes de la santé en fonction de la population ;
- connaître les effets bénéfiques et les risques de l'AP dans le cadre des maladies chroniques, des déficiences motrices et mentales ;
- sensibiliser les pratiquants sur les méfaits de la sédentarité et leur fournir les moyens de la réduire.

4.2.4 Recommandations de recherche

Compte tenu de l'état actuel de la littérature scientifique les pistes de recherche suggérées par le groupe de travail sont détaillées ci-après.

4.2.4.1 Adultes

- Homogénéiser les méthodes d'estimation de l'AP et de la sédentarité ;
- mettre en place un dispositif de recueil de données sur les pratiques d'AP et la sédentarité combinant différentes méthodes de mesure afin de décrire ces comportements, leurs caractéristiques associées et leur évolution. Les données recueillies pourront être mises à la disposition des professionnels du secteur de l'activité physique ou des secteurs associés ;
- intégrer dans toutes les études épidémiologiques centrées sur « AP et santé », une qualification et quantification du comportement sédentaire ; étudier les bases et fondements biologiques des effets délétères de la sédentarité, notamment dans l'apparition des maladies non-transmissibles ;
- étudier, au plan fondamental et appliqué, les interactions entre le niveau de pratique de l'AP et le comportement sédentaire ; évaluer entre autres le niveau de protection éventuel de l'AP vis à vis des effets néfastes de la sédentarité pour les pathologies chroniques et le vieillissement ;
- étudier les conséquences d'une augmentation de l'AP ou une réduction de la sédentarité sur la distribution de ces comportements dans les différents contextes (travail, loisir, transport, domestique) ;
- mieux identifier les risques éventuels de la pratique de l'AP, notamment les conditions de réduction des risques liés à la pollution de l'air extérieur lors de la pratique de l'AP ;
- développer des recherches socio-économiques sur les économies de dépenses de santé, par la pratique régulière de l'AP ; peu d'études en France, prenant en considération nos particularités en termes de comportements humains, de système de soin et de dépenses de santé, sont disponibles ;

- mener des études afin d'évaluer la pratique d'AP et les comportements sédentaires dans les DROM-COM.

Les recommandations ci-dessus sont valables pour les différentes populations étudiées dans ce rapport.

4.2.4.2 Femmes en période de grossesse et de post-partum

Des études sont nécessaires pour déterminer :

- les effets de la sédentarité pendant la grossesse sur la santé de la femme et du fœtus ;
- les effets de l'AP l'année précédant la grossesse ;
- les effets de l'AP pendant la grossesse sur le fœtus mais aussi pendant l'enfance et à l'âge adulte ;
- les spécificités liées à la reprise de l'AP en post-partum, en fonction du type d'accouchement, à la fois en cas d'accouchement par voie basse avec ou sans épisiotomie et aussi par césarienne.

4.2.4.3 Femmes ménopausées

Des études sont nécessaires pour confirmer la relation entre le gain de DMO et la diminution du risque de fractures grâce à l'AP.

4.2.4.4 Enfants

4.2.4.4.1 Enfants de 0 à 5 ans

Les données scientifiques concernant les effets de l'AP sur la santé de l'enfant de 0 à 5 ans restent très insuffisantes (22 publications pour 18 études répertoriées dans les revues systématiques récentes). Si les travaux en pédagogie de l'AP sont plus conséquents, ils n'ont pas investigué de façon spécifique des problématiques associées à la santé. Enfin, rares sont les études rétrospectives et encore plus les études prospectives. Il conviendrait ainsi de :

- développer les études observationnelles, expérimentales et interventionnelles sur les effets de l'AP sur les facteurs de santé et sur les conséquences de la sédentarité (augmentation du niveau de preuve et exploration multifactorielle) ;
- identifier les modalités de l'AP ayant le plus d'effets bénéfiques ;
- comprendre les mécanismes de la pérennité des comportements d'AP et de sédentarité de la petite enfance à l'âge adulte ;
- modéliser les déterminants, les facteurs associés et leurs interactions expliquant la pratique d'AP et les comportements sédentaires ;
- expérimenter des approches visant à augmenter l'AP et diminuer la sédentarité dans les différents milieux de vie des enfants de 0 à 5 ans.

4.2.4.4.2 Enfants de 6 à 10 ans

- initier des études devant permettre une analyse conjointe des activités physiques et sédentaires. Il s'agit en particulier de mieux comprendre et définir la durée des périodes sédentaires au bout desquelles une rupture de sédentarité deviendrait nécessaire et profitable pour la santé de l'enfant ;

- identifier plus précisément encore les mécanismes qui expliquent les effets positifs de l'AP en prévention des maladies chroniques ;
- étudier les liens et les mécanismes existant entre l'AP, la sédentarité, le sommeil et les facteurs nutritionnels ;
- expliquer les mécanismes responsables de l'amorce de la forte réduction d'AP dès l'enfance ;
- identifier et cibler les groupes d'enfants à haut risque de connaître un déclin précoce de l'AP ;
- proposer d'autres stratégies de modélisation innovante pouvant prendre en compte les déterminants/facteurs associés à l'AP/la sédentarité et leurs interactions qui puissent mettre à jour les relations entre l'AP/la sédentarité et la santé durant le développement (i.e., de la petite enfance à l'adolescence) ;
- développer et expérimenter des approches visant à augmenter l'AP et diminuer la sédentarité dans les différents milieux de vie des enfants ;
- développer, expérimenter ou intensifier les interventions multi contexte (communautaire, scolaire, familial) ;
- évaluer les répercussions des modifications des rythmes scolaires sur la pratique d'AP et la sédentarité.

4.2.4.5 Adolescents

- comprendre les effets du niveau d'AP et de condition physique et leur interaction sur la santé de l'adolescent ;
- identifier les mécanismes qui expliquent les effets positifs de l'AP en prévention des maladies chroniques ;
- expliquer les mécanismes responsables de la forte réduction d'AP à l'adolescence ;
- modéliser les déterminants, les facteurs associés et leurs interactions expliquant la pratique d'AP ;
- étudier les mécanismes et les liens existant entre AP, sommeil et nutrition ;
- évaluer les répercussions des rythmes scolaires longs sur la pratique d'AP et la sédentarité et trouver des solutions permettant de favoriser la pratique d'AP et réduire la sédentarité dans le cadre scolaire.

4.2.4.6 Personnes âgées de plus de 65 ans

- développer des enquêtes spécifiques sur les pratiques d'AP dans la population âgée, notamment très âgée ;
- développer les données liées à la sédentarité, en quantifiant et en qualifiant la sédentarité (types et contextes) ;
- étudier les mécanismes cellulaires de l'AP en prévention des maladies neurodégénératives ;
- étudier les interactions des comportements d'AP et de sédentarité chez les personnes âgées.

4.2.4.7 Personnes LFA

- développer les études permettant d'identifier les valeurs de références, seuils et moyens d'évaluation spécifiques aux personnes LFA ;
- identifier les interactions entre AP, sédentarité et santé ;
- approfondir les études sur le niveau d'AP des publics spécifiques et les déterminants, les facteurs associés et leurs interactions expliquant la pratique d'AP chez les personnes LFA ;
- développer les recherches sur les mécanismes liant le manque d'AP et la sédentarité aux facteurs de risque pour la santé spécifiques (ou non) chez ces publics et ses conséquences particulières ;
- développer et expérimenter des approches visant à augmenter l'AP et diminuer la sédentarité au sein de ce public.

4.2.4.8 Sommeil

Le plus grand besoin consiste en la réalisation d'études permettant de quantifier à la fois l'activité physique pratiquée et la qualité et la quantité de sommeil.

Il serait également intéressant de développer les axes de recherches suivants :

- analyser les relations entre sommeil et sédentarité ;
- identifier les relations entre activité physique, sommeil et santé ;
- identifier les facteurs environnementaux (lumière par exemple) de l'interrelation sommeil – activité physique ;
- étudier les relations entre stress psychologique, sommeil et activité physique ;
- étudier les effets du sommeil et de l'activité physique sur la qualité de vie ;
- évaluer les relations entre AP/sédentarité, apports alimentaires et sommeil ;
- étude des variations de la relation entre sommeil et activité physique, en fonction de l'âge ;
- nécessité de concevoir des questionnaires propres aux enfants et adolescents.

4.3 Conclusion générale

Sur la base d'une analyse de la littérature scientifique récente, ce rapport montre que la majorité de la population française, pour les catégories de populations étudiées, ne pratique pas assez d'activité physique (AP) et peut être considérée comme inactive (c'est-à-dire n'atteignant pas les recommandations de l'OMS). En effet, moins de 37 %²⁸ des adultes et moins de 32 % des personnes âgées de plus de 65 ans sont considérés comme inactifs. Cette proportion serait encore plus élevée pour les enfants et adolescents. Concernant le comportement sédentaire, les adultes passent en moyenne plus de 3 h 20 par jour assis devant un écran (hors temps de travail), ce qui constitue un facteur comportemental de risque majeur pour la santé. L'inactivité et la sédentarité de la population française sont associées à de nombreux facteurs (démographiques, psychosociaux, comportementaux, liés à l'environnement physique et social). Il est nécessaire de mieux identifier et prendre en compte ces facteurs pour envisager une évolution des comportements et des modes de vie de la population.

Des travaux d'envergure, réalisés au cours de ces 30 dernières années, permettent aujourd'hui d'affirmer, avec un haut niveau de preuve, que la pratique régulière de l'AP contribue à prévenir la survenue de nombreuses pathologies chroniques, dont certains cancers (notamment cancers du sein et du colon). A l'inverse, l'inactivité physique, ainsi que la sédentarité favorisent l'apparition de ces pathologies. Plus généralement, un mode de vie actif est associé à une bonne santé à tout âge. La promotion de l'AP et de la réduction de la sédentarité constituent des facteurs de première importance pour réduire l'incidence des pathologies chroniques et améliorer la qualité de vie de la population vivant en France, et pour maintenir l'autonomie et limiter les états de fragilité des personnes âgées en particulier.

De plus, la pratique régulière de l'AP et des comportements sédentaires limités apparaissent particulièrement adaptés pour favoriser un temps et une qualité de sommeil correspondant aux besoins de chacun, et améliorer ainsi la qualité de l'éveil. Ces effets sont particulièrement à considérer au vu du manque de sommeil et des troubles du sommeil fréquents de la population. Au-delà de la somnolence, des risques d'accidents et de l'altération de la qualité de vie engendrés, la réduction de la quantité et la dégradation de la qualité du sommeil sont des facteurs de risque de surpoids, d'obésité et de maladies cardiovasculaires.

Si les risques liés à la pratique d'AP (traumatiques, cardiovasculaires, etc.) n'atténuent pas les bénéfices d'une pratique régulière, ils doivent être considérés et des mesures préventives mises en place au niveau individuel et collectif (tenue et pratique adaptées, lutte contre la pollution, etc.).

L'objectif du groupe de travail (GT) a été d'établir, en s'appuyant sur des références bibliographiques récentes, des recommandations précises pour l'adoption d'un mode de vie actif pour les différentes catégories de population. Ces recommandations, basées sur des quantités d'AP optimales, ont été établies pour les adultes puis déclinées pour les femmes enceintes, les femmes ménopausées, les enfants, les adolescents, les personnes âgées et les personnes LFA.

Le GT insiste sur le fait que ces recommandations incluent les différentes composantes de l'AP (endurance cardio-respiratoire, renforcement musculaire, assouplissement et étirements) et s'appliquent dans les différents contextes (professionnel, transport, domestique et loisir). Le GT souligne que, quelle que soit la catégorie de population considérée, tout niveau d'AP, même inférieur aux recommandations proposées dans ce rapport, a des effets bénéfiques pour la santé et que, hormis pour certains cas particuliers, une pratique au-delà des recommandations, accroît encore les bénéfices pour la santé et la qualité de vie. De même, des bénéfices peuvent être attendus quel que soit l'âge de début de pratique.

Des précautions doivent être prises lors de la mise en œuvre de ces recommandations :

²⁸ Selon la classification proposée par l'IPAQ.

- un avis médical est nécessaire pour toute personne antérieurement inactive qui s'engage dans une AP d'intensité modérée à élevée ;
- une augmentation progressive de l'intensité, de la durée et de la fréquence de la pratique en fonction des caractéristiques spécifiques individuelles (âge, condition physique, etc.) ;
- l'intensité de ces AP est à ajuster en fonction des réponses physiologiques et perceptions individuelles (respiration, sudation, pénibilité perçue, etc.).

Il est d'autre part recommandé, dans la mesure du possible, de réaliser l'AP en extérieur afin de profiter de l'exposition à la lumière naturelle qui permet d'améliorer la quantité et la qualité du sommeil.

En raison des risques spécifiques liés au comportement sédentaire, des recommandations ayant pour objectif de diminuer la sédentarité sont proposées. Ainsi, il est de première importance de réduire le temps total de sédentarité pendant les périodes d'éveil. Par ailleurs, des interruptions dans les longues périodes passées en position assise ou allongée en se mettant debout, sont fortement recommandées et doivent être intégrées et généralisées, dans les comportements, tant sur le lieu de travail et à l'école que durant le temps de loisirs.

Les pouvoirs publics jouent un rôle déterminant dans la promotion d'un mode de vie actif par la sensibilisation aux problématiques de l'AP et de la sédentarité. Cette promotion s'opère en particulier par l'intermédiaire d'actions d'information, de promotion et d'incitation à la pratique dans la vie quotidienne, notamment dans les milieux professionnels et scolaires. Concernant l'urbanisme, la promotion passe notamment par l'aménagement de l'environnement urbain, la valorisation des espaces publics, le développement des transports collectifs, le développement, l'amélioration et la protection des voies de déplacement actif (voies piétonnières, pistes et bandes cyclables).

La mise en œuvre de cette politique pourrait être renforcée et sa réussite nécessite la coordination de nombreux acteurs qui doivent être sensibilisés aux bénéfices attendus de l'adoption d'un mode de vie actif de la population. En premier lieu, l'école est un acteur fondamental qui a la possibilité de transmettre les bases de la connaissance en AP et d'apprendre à l'intégrer dans la vie quotidienne. Ensuite, les professionnels concernés doivent y être sensibilisés très tôt au cours de leur formation : les professionnels de la santé, de l'AP et du sport ainsi que les urbanistes, les architectes, les chefs d'entreprise et les professionnels de l'éducation.

En outre, bien que les effets bénéfiques d'un mode de vie actif soient aujourd'hui démontrés, des lacunes de connaissances persistent et permettent d'identifier des orientations de recherche pour l'avenir, notamment en référence à des populations spécifiques. Parmi celles-ci, on peut retenir l'importance d'homogénéiser les méthodes de recueil de données de pratique de l'AP et de sédentarité dans ces différentes catégories de population afin de mieux décrire leurs comportements et mieux évaluer l'efficacité des politiques de santé publique dans ce domaine. Il serait également utile de mieux comprendre les mécanismes par lesquels la sédentarité favorise l'apparition des maladies non-transmissibles. Enfin, les interrelations et les interactions entre le niveau d'AP, le comportement sédentaire et leurs conséquences sur la santé, notamment sur l'apparition de ces maladies constituent une voie de recherche importante pour l'avenir.

Bibliographie

- Aaltonen, S., H. Karjalainen, A. Heinonen, J. Parkkari, et U.M. Kujala. 2007. « Prevention of Sports Injuries : Systematic Review of Randomized Controlled Trials ». *Archives of Internal Medicine* 167 (15): 1585-92.
- Aarnio, M., T. Winter, U. Kujala, et J. Kaprio. 2002. « Associations of Health Related Behaviour, Social Relationships, and Health Status with Persistent Physical Activity and Inactivity : A Study of Finnish Adolescent Twins ». *British Journal of Sports Medicine* 36 (5): 360-64.
- Aaron, D. J., A. M. Kriska, S. R. Dearwater, J. A. Cauley, K. F. Metz, et R. E. LaPorte. 1995. « Reproducibility and Validity of an Epidemiologic Questionnaire to Assess Past Year Physical Activity in Adolescents ». *Am J Epidemiol* 142 (2): 191-201.
- Aaronson, N. K., J. Balding, P. Gentle, et B. Kirby. 1990. « Patterns of physical activity among 11 to 16 year old British children ». *Br Med J* 301: 203-5.
- Abbott, R., et H. Lavretsky. 2013. « Tai Chi and Qigong for the Treatment and Prevention of Mental Disorders ». *The Psychiatric Clinics of North America* 36 (1): 109-19.
- Abe, K. 2012. « Total Daily Physical Activity and the Risk of AD and Cognitive Decline in Older Adults ». *Neurology* 79 (10): 1071.
- Abellan van Kan, G., E. André, H. A. Bischoff Ferrari, Y. Boirie, G. Onder, M. Pahor, P. Ritz, et al. 2009. « Carla Task Force on Sarcopenia: Propositions for Clinical Trials ». *The Journal of Nutrition, Health & Aging* 13 (8): 700-707.
- Achten, J., et A. E. Jeukendrup. 2003. « The Effect of Pre-Exercise Carbohydrate Feedings on the Intensity That Elicits Maximal Fat Oxidation ». *Journal of Sports Sciences* 21 (12): 1017-24.
- ACSM. 1995. *American College of Sports Medicine. Guidelines for exercise testing and prescription*. 2nd éd. Baltimore, MD: Williams and Wilkins.
- Adam, M., J.V. Rétey, R. Khatami, et H.-P. Landolt. 2006. « Age-Related Changes in the Time Course of Vigilant Attention during 40 Hours without Sleep in Men ». *Sleep* 29 (1): 55-57.
- Adamopoulos, S., J. Parissis, C. Kroupis, M. Georgiadis, D. Karatzas, G. Karavolias, K. Koniavitou, A.J. Coats, et D.T. Kremastinos. 2001. « Physical Training Reduces Peripheral Markers of Inflammation in Patients with Chronic Heart Failure ». *European Heart Journal* 22 (9): 791-97.
- Adams, D., et S.A. Swanson. 1985. « Direct Measurement of Local Pressures in the Cadaveric Human Hip Joint during Simulated Level Walking ». *Annals of the Rheumatic Diseases* 44 (10): 658-66.
- Adams, M.A., W.D. Johnson, et C. Tudor-Locke. 2013. « Steps/day Translation of the Moderate-to-Vigorous Physical Activity Guideline for Children and Adolescents ». *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 10: 49.
- Adlard, P.A., V.M. Perreau, V. Pop, et C.W. Cotman. 2005. « Voluntary Exercise Decreases Amyloid Load in a Transgenic Model of Alzheimer's Disease ». *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience* 25 (17): 4217-21.
- AFSSA, C. Bénétiér, M. Bertin, G. Calamassi-Tran, C. Dubuisson, A. Dufour, F. Gauchard, L. Lafay, S. Lioret, et M. Touvier. 2009. « Étude Individuelle et Nationale sur les Consommations Alimentaires 2 (INCA2, 2006-2007) ». Paris: AFSSA.
- AFSSET. 2009. « Pollution par les particules dans l'air ambiant. Synthèse des éléments sanitaires en vue d'un appui à l'élaboration de seuils d'information et d'alerte du public pour les particules dans l'air ambiant. » AFSSET.
- Agarwal, R., et R.P. Light. 2010. « The Effect of Measuring Ambulatory Blood Pressure on

- Nighttime Sleep and Daytime Activity--Implications for Dipping ». *Clinical Journal of the American Society of Nephrology: CJASN* 5 (2): 281-85.
- Aggio, D., A.A. Ogunleye, C. Voss, et G.R.H. Sandercock. 2012. « Temporal Relationships between Screen-Time and Physical Activity with Cardiorespiratory Fitness in English Schoolchildren: A 2-Year Longitudinal Study ». *Preventive Medicine* 55 (1): 37-39.
- Ahola, K., T. Honkonen, S. Pirkola, E. Isometsä, R. Kalimo, E. Nykyri, A. Aromaa, et J. Lönnqvist. 2006. « Alcohol Dependence in Relation to Burnout among the Finnish Working Population ». *Addiction (Abingdon, England)* 101 (10): 1438-43.
- Ahola, K., T. Honkonen, E. Isometsä, R. Kalimo, E. Nykyri, S. Koskinen, A. Aromaa, et J. Lönnqvist. 2006. « Burnout in the General Population ». *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology* 41 (1): 11-17.
- Aibar, A., J. E. Bois, E. Generelo, J. Zaragoza Casterad, et T. Paillard. 2013. « A Cross-Cultural Study of Adolescents' Physical Activity Levels in France and Spain ». *European Journal of Sport Science* 13 (5): 551-58.
- Ainsworth, B.E., C.J. Caspersen, C.E. Matthews, L.C. Mâsse, T. Baranowski, et W. Zhu. 2012. « Recommendations to Improve the Accuracy of Estimates of Physical Activity Derived from Self Report ». *Journal of Physical Activity & Health* 9 Suppl 1 (janvier): 76-84.
- Ainsworth, B.E., W.L. Haskell, S.D. Herrmann, N. Meckes, D.R. Bassett, C. Tudor-Locke, J.L. Greer, J. Vezina, M.C. Whitt-Glover, et A.S. Leon. 2011. « 2011 Compendium of Physical Activities: A Second Update of Codes and MET Values ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 43 (8): 1575-81.
- Albert, C.M., et J.N. Ruskin. 2001. « Risk Stratifiers for Sudden Cardiac Death (SCD) in the Community: Primary Prevention of SCD ». *Cardiovascular Research* 50 (2): 186-96.
- Albright, C.L., J.E. Maddock, et C.R. Nigg. 2005. « Physical activity before pregnancy and following childbirth in a multiethnic sample of healthy women in Hawaii ». *Women Health* 42 (3): 95-109.
- Alfieri, F.M., M. Riberto, A. Abril-Carreres, M. Boldó-Alcaine, E. Rusca-Castellet, R. Garreta-Figuera, et L. Rizzo Battistella. 2012. « Effectiveness of an Exercise Program on Postural Control in Frail Older Adults ». *Clinical Interventions in Aging* 7: 593-98.
- Allison, K., J. Dwyer, et S. Makin. 1999. « Self-efficacy and participation in vigorous physical activity by high school students ». *Health Educ Behav* 26: 10-22.
- Altchek, D.W., R.F. Warren, T.L. Wickiewicz, et G. Ortiz. 1992. « Arthroscopic Labral Debridement. A Three-Year Follow-up Study ». *The American Journal of Sports Medicine* 20 (6): 702-6.
- American College of Sports. 1998. « American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults ». *Med Sci Sports Exerc* 30 (6): 975-91.
- American Diabetes Association. 2014. "Standards of medical care in diabetes." *Diabetes Care* 37:14-80.
- Ammann, P. 2003. « [Determining factors of bone mechanical resistance] ». *Thérapie* 58 (5): 403-7.
- Andersen, L.B., J.B. Lauersen, J.C. Brønd, S.A. Anderssen, L.B. Sardinha, J. Steene-Johannessen, R.G. McMurray, et al. 2015. « A New Approach to Define and Diagnose Cardiometabolic Disorder in Children ». *Journal of Diabetes Research* 2015: 539835.
- Andersen, L.B., C. Riddoch, S. Kriemler, A.P. Hills, et A. Hills. 2011. « Physical Activity and Cardiovascular Risk Factors in Children ». *British Journal of Sports Medicine* 45 (11): 871-76.
- Andersen, L. B., A. Bugge, M. Dencker, S. Eiberg, et B. El-Naaman. 2011. « The Association between Physical Activity, Physical Fitness and Development of Metabolic Disorders ». *International Journal of Pediatric Obesity* 6 Suppl 1 (septembre): 29-34.

- Andersen, L.B., L.B. Sardinha, K. Froberg, C.J. Riddoch, A.S. Page, et S.A. Anderssen. 2008. « Fitness, Fatness and Clustering of Cardiovascular Risk Factors in Children from Denmark, Estonia and Portugal: The European Youth Heart Study ». *International Journal of Pediatric Obesity* 3 Suppl 1: 58-66.
- Andersen, Z.J., A.de Nazelle, M.A. Mendez, J. Garcia-Aymerich, O. Hertel, A. Tjønneland, K. Overvad, O. Raaschou-Nielsen, et M.J. Nieuwenhuijsen. 2015. « A Study of the Combined Effects of Physical Activity and Air Pollution on Mortality in Elderly Urban Residents: The Danish Diet, Cancer, and Health Cohort ». *Environmental Health Perspectives* 123 (6): 557-63.
- Andreoli, A., M. Celi, S.L. Volpe, R. Sorge, et U. Tarantino. 2012. « Long-Term Effect of Exercise on Bone Mineral Density and Body Composition in Post-Menopausal Ex-Elite Athletes: A Retrospective Study ». *European Journal of Clinical Nutrition* 66 (1): 69-74.
- Andrew, N.E., B.J. Gabbe, R. Wolfe, et P.A. Cameron. 2012. « Trends in Sport and Active Recreation Injuries Resulting in Major Trauma or Death in Adults in Victoria, Australia, 2001-2007 ». *Injury* 43 (9): 1527-33.
- Angevaren, M., G. Aufdemkampe, H.J.J. Verhaar, A. Aleman, et L. Vanhees. 2008. « Physical Activity and Enhanced Fitness to Improve Cognitive Function in Older People without Known Cognitive Impairment ». *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, n° 3: CD005381.
- Annesi, J.J. 2004. « Relationship between Self-Efficacy and Changes in Rated Tension and Depression for 9- to 12-Yr.-Old Children Enrolled in a 12-Wk. after-School Physical Activity Program ». *Perceptual and Motor Skills* 99 (1): 191-94.
- ANSES. 2010. « Évaluation des risques liés aux pratiques alimentaires d'amaigrissement. Rapport d'expertise collective ». ANSES.
- ANSES. 2011. « Nutrition et cancer. Légitimité de recommandations nutritionnelles dans le cadre de la prévention des cancers. Rapport d'expertise collective ». ANSES.
- ANSES. 2014. « Étude exploratoire du coût socio-économique des polluants de l'air intérieur. Rapport d'expertise collective ». ANSES.
- Aouba, A., E. Jouglu, M. Eb, et G. Rey. 2012. « L'évolution de la mortalité et des causes de décès entre 1990 et 2009 ». *Actualité et dossier en santé publique* 80 (24-28).
- Aoyagi, Y., et R. J. Shephard. 1992. « Aging and Muscle Function ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 14 (6): 376-96.
- Apété, G.K., D. Zitouni, H. Hubert, et B.C. Guinhouya. 2012. « Compliance of Children in Northern France with Physical Activity Recommendations ». *Perspectives in Public Health* 132 (2): 81-88.
- Appleby, P.N., N.E. Allen, A.W. Roddam, et T.J. Key. 2008. « Physical activity and fracture risk: a prospective study of 1898 incident fractures among 34,696 British men and women ». *J Bone Miner Metab* 26 (2): 191-98.
- Archer, T. 2011. « Physical Exercise Alleviates Debilities of Normal Aging and Alzheimer's Disease ». *Acta Neurologica Scandinavica* 123 (4): 221-38.
- Arden, N., et M.C. Nevitt. 2006. « Osteoarthritis: Epidemiology ». *Best Practice & Research. Clinical Rheumatology* 20 (1): 3-25.
- Arem, H., S.C. Moore, A. Patel, P.Hartge, A.Berrington de Gonzalez, K.Visvanathan, P.T. Campbell, et al. 2015. « Leisure Time Physical Activity and Mortality: A Detailed Pooled Analysis of the Dose-Response Relationship ». *JAMA Internal Medicine* 175 (6): 959-67.
- Aris, R., D. Christian, I. Tager, L. Ngo, W.E. Finkbeiner, et J.R. Balmes. 1993. « Effects of Nitric Acid Gas Alone or in Combination with Ozone on Healthy Volunteers ». *The American Review of Respiratory Disease* 148 (4 Pt 1): 965-73.
- Armstrong, N., et S. Bray. 1991. « Physical activity patterns defined by continuous heart rate monitoring ». *Arch Dis Child* 66: 245-47.

- Arnason, A., S.B. Sigurdsson, A. Gudmundsson, I. Holme, L. Engebretsen, et R. Bahr. 2004. « Risk Factors for Injuries in Football ». *The American Journal of Sports Medicine* 32 (1 Suppl): 5-16.
- Arredondo, E.M., T. Mendelson, C. Holub, N. Espinoza, et S. Marshall. 2012. « Cultural Adaptation of Physical Activity Self-Report Instruments ». *Journal of Physical Activity & Health* 9 Suppl 1 (janvier): 37-43.
- Artero, E.G., V. España-Romero, D. Jiménez-Pavón, D. Martínez-Gómez, J. Warnberg, S. Gómez-Martínez, M. González-Gross, et al. 2014. « Muscular Fitness, Fatness and Inflammatory Biomarkers in Adolescents ». *Pediatric Obesity* 9 (5): 391-400.
- Artero, E.G., J.R. Ruiz, F.B. Ortega, V. España-Romero, G. Vicente-Rodríguez, D. Molnar, F. Gottrand, et al. 2011. « Muscular and Cardiorespiratory Fitness Are Independently Associated with Metabolic Risk in Adolescents: The HELENA Study ». *Pediatric Diabetes* 12 (8): 704-12.
- Arthur, S.T., et I.D. Cooley. 2012. « The Effect of Physiological Stimuli on Sarcopenia; Impact of Notch and Wnt Signaling on Impaired Aged Skeletal Muscle Repair ». *International Journal of Biological Sciences* 8 (5): 731-60.
- Asmundson, G.J.G., M.G. Fetzner, L.B. Deboer, M.B. Powers, M.W. Otto, et J.A.J. Smits. 2013. « Let's Get Physical: A Contemporary Review of the Anxiolytic Effects of Exercise for Anxiety and Its Disorders ». *Depression and Anxiety* 30 (4): 362-73.
- Asplund, R. 1999. « Sleep Disorders in the Elderly ». *Drugs & Aging* 14 (2): 91-103.
- Asplund 2005. « Nocturia in Relation to Sleep, Health, and Medical Treatment in the Elderly ». *BJU International* 96 Suppl 1 (septembre): 15-21.
- Astrand, P.O., et I. Rhyning. 1954. « A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work ». *J Appl Physiol* 7: 218-21.
- Atkinson, G., A. Coldwells, T. Reilly, et J. Waterhouse. 1993. « A Comparison of Circadian Rhythms in Work Performance between Physically Active and Inactive Subjects ». *Ergonomics* 36 (1-3): 273-81.
- Atkinson, G., B. Edwards, T. Reilly, et J. Waterhouse. 2007. « Exercise as a Synchroniser of Human Circadian Rhythms: An Update and Discussion of the Methodological Problems ». *European Journal of Applied Physiology* 99 (4): 331-41.
- Audiffren, M., N. André, et C. Albinet. 2011. « Effets positifs de l'exercice physique chronique sur les fonctions cognitives des seniors : bilan et perspectives ». *Revue de neuropsychologie* Volume 3 (4): 207-25.
- Autenrieth, C.S., J. Baumert, S.E. Baumeister, B. Fischer, A. Peters, A. Döring, et B. Thorand. 2011. « Association between Domains of Physical Activity and All-Cause, Cardiovascular and Cancer Mortality ». *European Journal of Epidemiology* 26 (2): 91-99.
- Avenell, A., W.J. Gillespie, L.D. Gillespie, et D. O'Connell. 2009. « Vitamin D and Vitamin D Analogues for Preventing Fractures Associated with Involutional and Post-Menopausal Osteoporosis ». *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, n° 2: CD000227.
- Avidan, A.Y. 2005. « Sleep Disorders in the Older Patient ». *Primary Care* 32 (2): 563-86.
- Ayers, J.W., Y. Komesu, T. Romani, et R. Ansbacher. 1985. « Anthropomorphic, Hormonal, and Psychologic Correlates of Semen Quality in Endurance-Trained Male Athletes ». *Fertility and Sterility* 43 (6): 917-21.
- Badland, H.M., M.J. Duncan, M. Oliver, J.S. Duncan, et S. Mavoa. 2010. « Examining commute routes: applications of GIS and GPS technology ». *Environ Health Prev Med* 15 (5): 327-30.
- Baehr, E.K., C.I. Eastman, W. Revelle, S.H. Losee Olson, L.F. Wolfe, et P.C. Zee. 2003. « Circadian Phase-Shifting Effects of Nocturnal Exercise in Older Compared with Young Adults ». *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 284 (6): 1542-50.
- Bagge, E., A. Bjelle, S. Edén, et A. Svanborg. 1991. « Osteoarthritis in the Elderly: Clinical and

- Radiological Findings in 79 and 85 Year Olds ». *Annals of the Rheumatic Diseases* 50 (8): 535-39.
- Bahr, R., et I.A. Bahr. 1997. « Incidence of Acute Volleyball Injuries: A Prospective Cohort Study of Injury Mechanisms and Risk Factors ». *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 7 (3): 166-71.
- Bahr, R., et T. Krosshaug. 2005. « Understanding Injury Mechanisms: A Key Component of Preventing Injuries in Sport ». *British Journal of Sports Medicine* 39 (6): 324-29.
- Bailey, R. C., J. Olson, S. L. Pepper, J. Porszasz, T. J. Barstow, and D. M. Cooper. 1995. « The level and tempo of children's physical activities: an observational study. » *Medicine and science in sports and exercise* 27 (7):1033-1041.
- Bailey, D.A., et A.D. Martin. 1994. « Physical activity and skeletal health in adolescents ». *Pediatr Exerc Sci* 6: 330-47.
- Bailey, D.A., H.A. McKay, R.L. Mirwald, P. R. Crocker, et R. A. Faulkner. 1999. « A Six-Year Longitudinal Study of the Relationship of Physical Activity to Bone Mineral Accrual in Growing Children: The University of Saskatchewan Bone Mineral Accrual Study ». *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 14 (10): 1672-79.
- Bailey, D.P., L.M. Boddy, L.A. Savory, S.J. Denton, et C.J. Kerr. 2012. « Associations between Cardiorespiratory Fitness, Physical Activity and Clustered Cardiometabolic Risk in Children and Adolescents: The HAPPY Study ». *European Journal of Pediatrics* 171 (9): 1317-23.
- Bain, E., M. Crane, J. Tieu, S. Han, C.A. Crowther, et P. Middleton. 2015. « Diet and Exercise Interventions for Preventing Gestational Diabetes Mellitus ». *The Cochrane Database of Systematic Reviews* 4: CD010443.
- Balagopal, P.B., S.S. Gidding, L.M. Buckloh, H.N. Yarandi, J.E. Sylvester, D.E. George, et V.L. Funanage. 2010. « Changes in Circulating Satiety Hormones in Obese Children: A Randomized Controlled Physical Activity-Based Intervention Study ». *Obesity (Silver Spring, Md.)* 18 (9): 1747-53.
- Balaguera-Cortes, L., K.E. Wallman, T.J. Fairchild, et K.J. Guelfi. 2011. « Energy Intake and Appetite-Related Hormones Following Acute Aerobic and Resistance Exercise ». *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 36 (6): 958-66.
- Balkau, B., L. Mhamdi, J.-M. Oppert, J. Nolan, A. Golay, F. Porcellati, M. Laakso, E. Ferrannini, et EGIR-RISC Study Group. 2008. « Physical Activity and Insulin Sensitivity: The RISC Study ». *Diabetes* 57 (10): 2613-18.
- Ballor, D.L., V.L. Katch, M.D. Becque, et C.R. Marks. 1988. « Resistance Weight Training during Caloric Restriction Enhances Lean Body Weight Maintenance ». *The American Journal of Clinical Nutrition* 47 (1): 19-25.
- Baloh, R.W., T.D. Fife, L. Zwerling, T. Socotch, K. Jacobson, T. Bell, et K. Beykirch. 1994. « Comparison of Static and Dynamic Posturography in Young and Older Normal People ». *Journal of the American Geriatrics Society* 42 (4): 405-12.
- Bandura, A. 1986. *Social foundations of Thought and Action: a Social-Cognitive Theory*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Banerjee, S., E.T. Han, R. Krug, D.C. Newitt, et S.Majumdar. 2005. « Application of Refocused Steady-State Free-Precession Methods at 1.5 and 3 T to in Vivo High-Resolution MRI of Trabecular Bone: Simulations and Experiments ». *Journal of Magnetic Resonance Imaging: JMRI* 21 (6): 818-25.
- Baquet, G., E. van Praagh, et S. Berthoin. 2003. « Endurance Training and Aerobic Fitness in Young People ». *Sports Medicine* 33 (15): 1127-43.
- Baquet, G., J.W.R. Twisk, H.C.G. Kemper, E. van Praagh, et S. Berthoin. 2006. « Longitudinal follow-up of fitness during childhood: interaction with physical activity ». *Am J Hum Biol* 18: 51-58.

- Baranowski, T., C. Bouchard, O. Bar-Or, T. Bricker, G. Heath, S. Y. Kimm, R. Malina, E. Obarzanek, R. Pate, et W.B. Strong. 1992. « Assessment, prevalence, and cardiovascular benefits of physical activity and fitness in youth ». *Med Sci Sports Exerc* 24 (6 Suppl): 237-247.
- Baranowski, T, W.O. Thompson, R.H. DuRant, J. Baranowski, et J. Puhl. 1993. « Observations on physical activity in physical locations: age, gender, ethnicity, and month effects ». *Res Q Exerc Sport* 64: 1-7.
- Baranto, A., M. Hellström, R. Nyman, O. Lundin, et L. Swärd. 2006. « Back Pain and Degenerative Abnormalities in the Spine of Young Elite Divers: A 5-Year Follow-up Magnetic Resonance Imaging Study ». *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA* 14 (9): 907-14.
- Barbic, D., J. Pater, et R.J. Brison. 2005. « Comparison of Mouth Guard Designs and Concussion Prevention in Contact Sports: A Multicenter Randomized Controlled Trial ». *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine* 15 (5): 294-98.
- Barenberg, J., T. Berse, et S. Dutke. 2011. « Executive Functions in Learning Processes : Do They Benefit from Physical Activity ? ». *Educational Research Review* 6 (3): 208-22.
- Barger, L.K., K.P. Wright, R.J. Hughes, et C.A. Czeisler. 2004. « Daily Exercise Facilitates Phase Delays of Circadian Melatonin Rhythm in Very Dim Light ». *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 286 (6): 1077-84.
- Barisic, A., S.T. Leatherdale, et N. Kreiger. 2011. « Importance of Frequency, Intensity, Time and Type (FITT) in Physical Activity Assessment for Epidemiological Research ». *Canadian Journal of Public Health* 102 (3): 174-75.
- Barnard, R. J., T.H. Ngo, P.-S. Leung, W.J. Aronson, et L.A. Golding. 2003. « A Low-Fat Diet And/or Strenuous Exercise Alters the IGF Axis in Vivo and Reduces Prostate Tumor Cell Growth in Vitro ». *The Prostate* 56 (3): 201-6.
- Barnekow-Bergkvist, M., G. Hedberg, U. Pettersson, et R. Lorentzon. 2006. « Relationships between Physical Activity and Physical Capacity in Adolescent Females and Bone Mass in Adulthood ». *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 16 (6): 447-55.
- Barnes, D.E., et K. Yaffe. 2011. « The Projected Effect of Risk Factor Reduction on Alzheimer's Disease Prevalence ». *The Lancet. Neurology* 10 (9): 819-28.
- Barrington, W.E., R.M. Ceballos, S.K. Bishop, B.A. McGregor, et S.A.A. Beresford. 2012. « Perceived Stress, Behavior, and Body Mass Index among Adults Participating in a Worksite Obesity Prevention Program, Seattle, 2005-2007 ». *Preventing Chronic Disease* 9: 152.
- Bassett, D.R., A. Rowlands, et S.G. Trost. 2012. « Calibration and Validation of Wearable Monitors ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 44 (1 Suppl 1): 32-38.
- Bass, S., M. Bradney, G. Pearce, E. Hendrich, K. Inge, S. Stuckey, S.K. Lo, et E. Seeman. 2000. « Short Stature and Delayed Puberty in Gymnasts: Influence of Selection Bias on Leg Length and the Duration of Training on Trunk Length ». *The Journal of Pediatrics* 136 (2): 149-55.
- Bass, S., R. Daly, et D. Caine. 2002. « Intense Training in Elite Female Athletes: Evidence of Reduced Growth and Delayed Maturation? ». *British Journal of Sports Medicine* 36 (4): 310.
- Bass, S.L., P. Eser, et R. Daly. 2005. « The Effect of Exercise and Nutrition on the Mechanostat ». *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions* 5 (3): 239-54.
- Bass, S., G. Pearce, M. Bradney, E. Hendrich, P. D. Delmas, A. Harding, et E. Seeman. 1998. « Exercise before Puberty May Confer Residual Benefits in Bone Density in Adulthood: Studies in Active Prepubertal and Retired Female Gymnasts ». *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 13 (3): 500-507.

- Basterfield, L., A.J. Adamson, J.K. Frary, K.N. Parkinson, M.S. Pearce, et J.J. Gateshead Millennium Study Core Team Reilly. 2011. « Longitudinal study of physical activity and sedentary behavior in children ». *Pediatrics* 127 (1): 24-30.
- Batal, O., O.F. Khatib, N. Bair, L.S. Aboussouan, et O.A. Minai. 2011. « Sleep Quality, Depression, and Quality of Life in Patients with Pulmonary Hypertension ». *Lung* 189 (2): 141-49.
- Bauman, A., M. Allman-Farinelli, R. Huxley, et W.P.T. James. 2008. « Leisure-Time Physical Activity Alone May Not Be a Sufficient Public Health Approach to Prevent Obesity--a Focus on China ». *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity* 9 Suppl 1 (mars): 119-26.
- Bauman, A.E., R.S. Reis, J.F. Sallis, J.C. Wells, R.J.F. Loos, et B.W. Martin. 2012. « Correlates of physical activity: why are some people physically active and others not? ». *Lancet* 380: 258-71.
- Bauman, A., G. Ma, F. Cuevas, Z. Omar, T. Waqanivalu, P. Phongsavan, K. Keke, A. Bhushan, Equity for the, et Group Non-communicable Disease Risk Factors Project Collaborative. 2011. « Cross-national comparisons of socioeconomic differences in the prevalence of leisure-time and occupational physical activity, and active commuting in six Asia-Pacific countries ». *Journal of Epidemiology and Community Health* 65 (1): 35-43.
- Bautmans, I., R. Njemini, S. Vasseur, H. Chabert, L. Moens, C. Demanet, et T. Mets. 2005. « Biochemical Changes in Response to Intensive Resistance Exercise Training in the Elderly ». *Gerontology* 51 (4): 253-65.
- Baxter-Jones, A.D.G., S.A. Kontulainen, R.A. Faulkner, et D.A. Bailey. 2008. « A Longitudinal Study of the Relationship of Physical Activity to Bone Mineral Accrual from Adolescence to Young Adulthood ». *Bone* 43 (6): 1101-7.
- Bazargan, M. 1996. « Self-Reported Sleep Disturbance among African-American Elderly: The Effects of Depression, Health Status, Exercise, and Social Support ». *International Journal of Aging & Human Development* 42 (2): 143-60.
- Beck, A.T., R.A. Steer, R. Ball, et W. Ranieri. 1996. « Comparison of Beck Depression Inventories -IA and -II in Psychiatric Outpatients ». *Journal of Personality Assessment* 67 (3): 588-97.
- Beck, F., et J.-B. Richard. 2013. « Les Comportements de santé des jeunes. Analyses du Baromètre santé 2010. » *Baromètres santé*, 344 p.
- Beck, F., J.-B. Richard, et D. Léger. 2013. « [Insomnia and total sleep time in France: prevalence and associated socio-demographic factors in a general population survey] ». *Revue Neurologique* 169 (12): 956-64.
- Beck-Little, R., et S.P. Weinrich. 1998. « Assessment and Management of Sleep Disorders in the Elderly ». *Journal of Gerontological Nursing* 24 (4): 21-29.
- Beck, T., P. Messmer, et P. Regazzoni. 2003. « [Unilateral apophyseal fracture of the superior anterior iliac crest--a case report] ». *Swiss Surgery* 9 (1): 31-34.
- Beebe, J.A., R.W. Hines, L.T. McDaniel, et B.L. Sheldon. 2013. « An Isokinetic Training Program for Reducing Falls in a Community-Dwelling Older Adult: A Case Report ». *Journal of Geriatric Physical Therapy (2001)* 36 (3): 146-53.
- Beets, M.W., C.F. Morgan, J.A. Banda, D. Bornstein, W. Byun, J. Mitchell, L. Munselle, L. Rooney, A. Beighle, et H. Erwin. 2011. « Convergent validity of pedometer and accelerometer estimates of moderate-to-vigorous physical activity of youth ». *J Phys Act Health* 8 (Suppl 2): 295-305.
- Beets, M.W., et K.H. Pitetti. 2011. « Using pedometers to measure moderate-to-vigorous physical activity for youth with an intellectual disability ». *Disabil Health J* 4 (1): 46-51.
- Behringer, M., S. Gruetzner, M. McCourt, et J. Mester. 2014. « Effects of Weight-Bearing Activities on Bone Mineral Content and Density in Children and Adolescents: A Meta-Analysis ». *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 29 (2): 467-78.

- Bellavia, A., M. Bottai, A. Wolk, et N. Orsini. 2013. « Physical Activity and Mortality in a Prospective Cohort of Middle-Aged and Elderly Men - a Time Perspective ». *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 10: 94.
- Bell, K.L., et P.S. Davies. 2010. « Energy Expenditure and Physical Activity of Ambulatory Children with Cerebral Palsy and of Typically Developing Children ». *The American Journal of Clinical Nutrition* 92 (2): 313-19.
- Bello, M., L.B. Mesiano Maifrino, E.F. Gama, et R. Rodrigues de Souza. 2011. « Rhythmic Stabilization versus Conventional Passive Stretching to Prevent Injuries in Indoor Soccer Athletes: A Controlled Clinical Trial ». *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 15 (3): 380-83.
- Bellows-Riecken, K.H., et R.E. Rhodes. 2008. « A birth of inactivity? A review of physical activity and parenthood ». *Preventive medicine* 46 (2): 99-110.
- Benedict, C., M. Hallschmid, A. Lassen, C. Mahnke, B. Schultes, H.B. Schiöth, J. Born, et T. Lange. 2011. « Acute Sleep Deprivation Reduces Energy Expenditure in Healthy Men ». *The American Journal of Clinical Nutrition* 93 (6): 1229-36.
- Benezech, J.-P. 2005. « L'activité physique diminue la douleur ». *Douleurs* 6 (3): 141-44.
- BenGal, S., J. Lowe, G. Mann, A. Finsterbush, et Y. Matan. 1997. « The Role of the Knee Brace in the Prevention of Anterior Knee Pain Syndrome ». *The American Journal of Sports Medicine* 25 (1): 118-22.
- Benhamou, C.L., E. Lespessailles, G. Jacquet, R. Harba, R. Jennane, T. Lousot, D. Tourliere, et W. Ohley. 1994. « Fractal Organization of Trabecular Bone Images on Calcaneus Radiographs ». *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 9 (12): 1909-18.
- Benloucif, S., L. Orbeta, R. Ortiz, I. Janssen, S.I. Finkel, J. Bleiberg, et P.C. Zee. 2004. « Morning or Evening Activity Improves Neuropsychological Performance and Subjective Sleep Quality in Older Adults ». *Sleep* 27 (8): 1542-51.
- Bennett, B.G., J.G. Kretzschmar, G.G. Skland, et H.W. de Koning. 1985. « Urban Air Pollution Worldwide ». *Environmental Science & Technology* 19 (4): 298-304.
- Benoit, O., et J. Forêt. 1992. *Le sommeil humain: bases expérimentales, physiologiques, et physiopathologiques*. Paris: Masson.
- Benson, A.C., M. Torode, et M.A. Fiatarone Singh. 2006. « Muscular strength and cardiorespiratory fitness is associated with higher insulin sensitivity in children and adolescents ». *Int J Ped Obes* 1: 222-31.
- Beresford, P.. 2009. « Personal Health Budgets for the UK NHS: A Revolution for the Patient ? » *The Patient* 2 (2): 69-72.
- Bergado, J.A., et W. Almaguer. 2002. « Aging and Synaptic Plasticity: A Review ». *Neural Plasticity* 9 (4): 217-32.
- Bergström, I., B. Landgren, J. Brinck, et B. Freyschuss. 2008. « Physical Training Preserves Bone Mineral Density in Postmenopausal Women with Forearm Fractures and Low Bone Mineral Density ». *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA* 19 (2): 177-83.
- Bernaards, C.M., M.P. Jans, S.G. van den Heuvel, I.J. Hendriksen, I.L. Houtman, et P.M. Bongers. 2006. « Can Strenuous Leisure Time Physical Activity Prevent Psychological Complaints in a Working Population? » *Occupational and Environmental Medicine* 63 (1): 10-16.
- Bernard-Demanze, L., M. Dumitrescu, P. Jimeno, L. Borel, et M. Lacour. 2009. « Age-Related Changes in Posture Control Are Differentially Affected by Postural and Cognitive Task Complexity ». *Current Aging Science* 2 (2): 139-49.
- Berr, C., T.N. Akbaraly, F. Nourashemi, et S. Andrieu. 2007. « [Epidemiology of dementia] ». *Presse Médicale (Paris, France: 1983)* 36 (10 Pt 2): 1431-41.

- Bessette, L., L.-G. Ste-Marie, S. Jean, K. S. Davison, M. Beaulieu, M. Baranci, J. Bessant, et J. P. Brown. 2008. « The Care Gap in Diagnosis and Treatment of Women with a Fragility Fracture ». *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA* 19 (1): 79-86.
- Besson, H., U. Ekelund, S. Brage, R. Luben, S. Bingham, K.-T. Khaw, et N.J. Wareham. 2008. « Relationship between Subdomains of Total Physical Activity and Mortality ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 40 (11): 1909-15.
- Beyerlein, A., B. Schiessl, N. Lack, et R. von Kries. 2009. « Optimal Gestational Weight Gain Ranges for the Avoidance of Adverse Birth Weight Outcomes: A Novel Approach ». *The American Journal of Clinical Nutrition* 90 (6): 1552-58.
- Bhui, K.S., S.Dinos, S.A. Stansfeld, et P.D. White. 2012. « A Synthesis of the Evidence for Managing Stress at Work: A Review of the Reviews Reporting on Anxiety, Depression, and Absenteeism ». *Journal of Environmental and Public Health* 2012: 515874.
- Bielemann, R.M., J. Martinez-Mesa, et D. Petrucci Gigante. 2013. « Physical Activity during Life Course and Bone Mass: A Systematic Review of Methods and Findings from Cohort Studies with Young Adults ». *BMC Musculoskeletal Disorders* 14: 77.
- Billiard, M., et C. Guilleminault. 1994. *Le sommeil normal et pathologique troubles du sommeil et de l'éveil*. Paris; Milan; Barcelone: Masson.
- Bin, Y. S., N.S. Marshall, et N. Glozier. 2012a. « The Burden of Insomnia on Individual Function and Healthcare Consumption in Australia ». *Australian and New Zealand Journal of Public Health* 36 (5): 462-68.
- Bin, Y. S., N.S. Marshall, et N. Glozier. 2012b. « Secular Trends in Adult Sleep Duration: A Systematic Review ». *Sleep Medicine Reviews* 16 (3): 223-30.
- Biro, F. M., P. Khoury, et J.A. Morrison. 2006. « Influence of obesity on the timing of puberty ». *Int J Androl* 29: 272-77.
- Bixby, W.R., T.W. Spalding, A.J. Haufler, S.P. Deeny, P.T. Mahlow, J.B. Zimmerman, et B.D. Hatfield. 2007. « The Unique Relation of Physical Activity to Executive Function in Older Men and Women ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 39 (8): 1408-16.
- Blaes, A., G. Baquet, E. van Praagh, et S. Berthoin. 2011. « Physical activity patterns in French youth - From childhood to adolescence - monitored with high-frequency accelerometry ». *Am J Hum Biol* 23 (3): 353-58.
- Blair, S.N., D.G. Clark, K.J. Cureton, et K.E. Powell. 1989. « Exercise and fitness in childhood: implications for a lifetime of health ». In *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine*, 401-30. Indianapolis: Benchmark Press.
- Blair, S.N., J.B. Kampert, H.W. Kohl, C.E. Barlow, C A. Macera, R.S. Paffenbarger, et L.W. Gibbons. 1996. « Influences of cardiorespiratory fitness and other precursors on cardiovascular disease and all-cause mortality in men and women ». *Jama*. 276 (3): 205-10.
- Blair, S.N., H.W. Kohl, R.S. Paffenbarger, D.G. Clark, K.H. Cooper, et L.W. Gibbons. 1989. « Physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy men and women ». *Jama*. 262 (17): 2395-2401.
- Blair, S.N., M.J. LaMonte, et M.Z. Nichaman. 2004. « The evolution of physical activity recommendations: how much is enough? » *Am J Clin Nutr* 79 (5): 913-20.
- Blair, S.N., et J.N. Morris. 2009. « Healthy Hearts--and the Universal Benefits of Being Physically Active: Physical Activity and Health ». *Annals of Epidemiology* 19 (4): 253-56.
- Blake, H., et H. Hawley. 2012. « Effects of Tai Chi Exercise on Physical and Psychological Health of Older People ». *Current Aging Science* 5 (1): 19-27.
- Blimkie, C.J.R., et W. Höglér. 2003. « Muscle-bone mutualism, mechanical loading and the mechanostat theory: a pediatric perspective ». *Revista Portuguesa de Ciências do*

Desporto 3: 22-25.

- Blumenthal, J.A., C.F. Emery, D.J. Madden, S. Schniebolk, M. Walsh-Riddle, L.K. George, D.C. McKee, M.B. Higginbotham, F.R. Cobb, et R.E. Coleman. 1991. « Long-Term Effects of Exercise on Psychological Functioning in Older Men and Women ». *Journal of Gerontology* 46 (6): 352-61.
- Blundell, J.E., C. Gibbons, P. Caudwell, G. Finlayson, et M. Hopkins. 2015. « Appetite Control and Energy Balance: Impact of Exercise ». *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity* 16 Suppl 1 (février): 67-76.
- Blundell, J.E., et N.A. King. 1999. « Physical Activity and Regulation of Food Intake: Current Evidence ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 31 (11 Suppl): 573-83.
- Blundell, J.E., et N.A. King. 2000. « Exercise, Appetite Control, and Energy Balance ». *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)* 16 (7-8): 519-22.
- Blundell, J.E., C.L. Lawton, et A.J. Hill. 1993. « Mechanisms of Appetite Control and Their Abnormalities in Obese Patients ». *Hormone Research* 39 Suppl 3: 72-76.
- Blundell, J.E., R.J. Stubbs, D.A. Hughes, S. Whybrow, et N.A. King. 2003. « Cross Talk between Physical Activity and Appetite Control: Does Physical Activity Stimulate Appetite? » *The Proceedings of the Nutrition Society* 62 (3): 651-61.
- Boisgontier, M.P., I.A.M. Beets, J. Duysens, A. Nieuwboer, R.T. Krampe, et S.P. Swinnen. 2013. « Age-Related Differences in Attentional Cost Associated with Postural Dual Tasks: Increased Recruitment of Generic Cognitive Resources in Older Adults ». *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 37 (8): 1824-37.
- Boivin, D.B., J.F. Duffy, R.E. Kronauer, et C.A. Czeisler. 1994. « Sensitivity of the Human Circadian Pacemaker to Moderately Bright Light ». *Journal of Biological Rhythms* 9 (3-4): 315-31.
- Bonaconsa, M., V. Colavito, F. Pifferi, F. Aujard, E. Schenker, S. Dix, G. Grassi-Zucconi, M. Bentivoglio, et G. Bertini. 2013. « Cell Clocks and Neuronal Networks: Neuron Ticking and Synchronization in Aging and Aging-Related Neurodegenerative Disease ». *Current Alzheimer Research* 10 (6): 597-608.
- Bonaiuti, D., B. Shea, R. Iovine, S. Negrini, V. Robinson, H. C. Kemper, G. Wells, P. Tugwell, et A. Cranney. 2002. « Exercise for Preventing and Treating Osteoporosis in Postmenopausal Women ». *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, n° 3: CD000333.
- Bonen, A., P. Campagna, L. Gilchrist, D.C. Youn, et P. Beresford. 1992. « Substrate and endocrine responses during exercise at selected stages of pregnancy ». *J Appl Physiol* 73: 134-42.
- Bonjour, J.P., G. Theintz, B. Buchs, D. Slosman, et R. Rizzoli. 1991. « Critical Years and Stages of Puberty for Spinal and Femoral Bone Mass Accumulation during Adolescence ». *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 73 (3): 555-63.
- Bonzini, M., D. Coggon, et K.T. Palmer. 2007. « Risk of Prematurity, Low Birthweight and Pre-Eclampsia in Relation to Working Hours and Physical Activities: A Systematic Review ». *Occupational and Environmental Medicine* 64 (4): 228-43.
- Boothe, Vickie L., Tegan K. Boehmer, Arthur M. Wendel, et Fuyuen Y. Yip. 2014. « Residential Traffic Exposure and Childhood Leukemia: A Systematic Review and Meta-Analysis ». *American Journal of Preventive Medicine* 46 (4): 413-22.
- Booth, F. W., S.E. Gordon, C.J. Carlson, et M.T. Hamilton. 2000. « Waging war on modern chronic diseases: primary prevention through exercise biology ». *J Appl Physiol* 88 (2): 774-87.
- Borbély, A.A. 1982. « A Two Process Model of Sleep Regulation ». *Human Neurobiology* 1 (3): 195-204.
- Borch, K.B., T. Braaten, E. Lund, et E. Weiderpass. 2011. « Physical activity and mortality among Norwegian women - the Norwegian Women and Cancer Study ». *Clin Epidemiol* 3: 229-35.
- Boreham, C., J. Twisk, C. Neville, M. Savage, L. Murray, et A. Gallagher. 2002. « Associations between Physical Fitness and Activity Patterns during Adolescence and Cardiovascular

- Risk Factors in Young Adulthood: The Northern Ireland Young Hearts Project ». *International Journal of Sports Medicine* 23 Suppl 1 (mai): 22-26.
- Borel, L., et B. Alescio-Lautier. 2014. « Posture and Cognition in the Elderly: Interaction and Contribution to the Rehabilitation Strategies ». *Neurophysiologie Clinique = Clinical Neurophysiology* 44 (1): 95-107.
- Bornstein, D.B., M.W. Beets, W. Byun, et K. McIver. 2011. « Accelerometer-derived physical activity levels of preschoolers: a meta-analysis ». *J Sci Med Sport* 14 (6): 504-11.
- Borodulin, K., A. Kärki, T. Laatikainen, M. Peltonen, et R. Luoto. 2015. « Daily Sedentary Time and Risk of Cardiovascular Disease: The National FINRISK 2002 Study ». *Journal of Physical Activity & Health* 12 (7): 904-8.
- Borodulin, K., K.R. Evenson, et A.H. Herring. 2009. « Physical activity patterns during pregnancy through postpartum ». *BMC Womens Health* 19 (9): 32.
- Borra, S.T., N.E. Schwartz, C.G. Spain, et M.M. Natchipolsky. 1995. « Food, physical activity, and fun: Inspiring America's kids to more healthful lifestyles ». *J Am Diet Assoc* 95: 816-18.
- Bos, I., P. De Boever, J. Vanparijs, N. Pattyn, L. Int Panis, et R. Meeusen. 2013. « Subclinical Effects of Aerobic Training in Urban Environment ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 45 (3): 439-47.
- Bosković, K., B. Protić Gava, M. Grajić, D. Madić, B. Obradović, et S. Tomasević Todorović. 2013. « [Adapted physical activity in the prevention and therapy of osteoporosis] ». *Medicinski Pregled* 66 (5-6): 221-24.
- Bosma, A., A. Abdel-Gadir, D.A. Isenberg, E.C. Jury, et C. Mauri. 2012. « Lipid-Antigen Presentation by CD1d(+) B Cells Is Essential for the Maintenance of Invariant Natural Killer T Cells ». *Immunity* 36 (3): 477-90.
- Bots, M.L., L.J. Launer, J. Lindemans, A. Hofman, et D.E. Grobbee. 1997. « Homocysteine, Atherosclerosis and Prevalent Cardiovascular Disease in the Elderly: The Rotterdam Study ». *Journal of Internal Medicine* 242 (4): 339-47.
- Bouchard, C., P. An, T. Rice, J. S. Skinner, J. H. Wilmore, J. Gagnon, L. Pérusse, A. S. Leon, et D. C. Rao. 1999. « Familial Aggregation of VO₂(max) Response to Exercise Training: Results from the HERITAGE Family Study ». *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)* 87 (3): 1003-8.
- Bouchard, C. 2012. « Genomic Predictors of Trainability ». *Experimental Physiology* 97 (3): 347-52.
- Bouchard, C., M.A. Sarzynski, T.K. Rice, W.E. Kraus, T.S. Church, Y.J. Sung, D.C. Rao, et T. Rankinen. 2011. « Genomic Predictors of the Maximal O₂ Uptake Response to Standardized Exercise Training Programs ». *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)* 110 (5): 1160-70.
- Bouchard, C, et L. Perusse. 1994. « Heredity, activity level, fitness, and health ». In *Physical activity, fitness, and health: International proceedings and consensus statement*, édité par C. Bouchard, R. Shephard, et T. Stephens, 106-18. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Bouchard, C, et R J Shephard. 1994. « Physical activity, fitness, and health: The model and key concepts ». In *Physical activity, Fitness, and Health: International Proceedings and Consensus Statement*, édité par C Bouchard, R J Shephard, et T Stephens, 77-88. Human Kinetics.
- Bougard, C., et D. Davenne. 2012. « Effects of Sleep Deprivation and Time-of-Day on Selected Physical Abilities in off-Road Motorcycle Riders ». *European Journal of Applied Physiology* 112 (1): 59-67.
- Boutcher, S.H. 2011. « High-Intensity Intermittent Exercise and Fat Loss ». *Journal of Obesity*, 868305
- Bouvier, G. 2011. « L'Enquête Handicap-Santé, présentation générale ». *Document de travail Insee F1109*: 61 p.

- Bowler, D.E., L.M. Buyung-Ali, T.M. Knight, et A.S. Pullin. 2010. « A Systematic Review of Evidence for the Added Benefits to Health of Exposure to Natural Environments ». *BMC Public Health* 10: 456.
- Boyle, P.A., A.S. Buchman, L.L. Barnes, et D.A. Bennett. 2010. « Effect of a Purpose in Life on Risk of Incident Alzheimer Disease and Mild Cognitive Impairment in Community-Dwelling Older Persons ». *Archives of General Psychiatry* 67 (3): 304-10.
- Boyle, T., T. Keegel, F. Bull, J. Heyworth, et L. Fritschi. 2012. « Physical Activity and Risks of Proximal and Distal Colon Cancers: A Systematic Review and Meta-analysis ». *Journal of the national cancer institute*, 104 (20): 1548-61.
- Bozinovski, N.C., N. Bellissimo, S.G. Thomas, P.B. Pencharz, R.C. Goode, et G. H. Anderson. 2009. « The Effect of Duration of Exercise at the Ventilation Threshold on Subjective Appetite and Short-Term Food Intake in 9 to 14 Year Old Boys and Girls ». *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 6: 66.
- Brack, A.S., M.J. Conboy, S. Roy, M. Lee, C.J. Kuo, C. Keller, et T.A. Rando. 2007. « Increased Wnt Signaling during Aging Alters Muscle Stem Cell Fate and Increases Fibrosis ». *Science (New York, N.Y.)* 317 (5839): 807-10.
- Brage, S., N. Wedderkopp, U. Ekelund, P.W. Franks, N.J. Wareham, L.-B. Andersen, et K. Froberg. 2004. « Objectively measured physical activity correlates with indices of insulin resistance in Danish children. The European Youth Heart Study (EYHS) ». *Int J Obes Relat Metab Disord* 28 (11): 1503-8.
- Brambilla, P., J. Perez, F. Barale, G. Schettini, et J. C. Soares. 2003. « GABAergic Dysfunction in Mood Disorders ». *Molecular Psychiatry* 8 (8): 721-37.
- Brambilla, P., G. Pozzobon, et A. Pietrobelli. 2011. « Physical activity as the main therapeutic tool for metabolic syndrome in childhood » 35: 16-28.
- Brand, R., W. Schlicht, K. Grossman, et R. Duhnsen. 2006. « Effects of a Physical Exercise Intervention on Employees'perceptions Quality of Life: A Randomized Controlled Trial ». *Sozial- Und Präventivmedizin* 51 (1): 14-23.
- Brand, S., J. Beck, M. Gerber, M. Hatzinger, et E. Holsboer-Trachsler. 2010. « Evidence of Favorable Sleep-EEG Patterns in Adolescent Male Vigorous Football Players Compared to Controls ». *The World Journal of Biological Psychiatry: The Official Journal of the World Federation of Societies of Biological Psychiatry* 11 (2 Pt 2): 465-75.
- Brand, S., M. Gerber, J. Beck, M. Hatzinger, U. Pühse, et E.Holsboer-Trachsler. 2010a. « High Exercise Levels Are Related to Favorable Sleep Patterns and Psychological Functioning in Adolescents: A Comparison of Athletes and Controls ». *The Journal of Adolescent Health: Official Publication of the Society for Adolescent Medicine* 46 (2): 133-41.
- Brand, S., M. Gerber, J. Beck, M. Hatzinger, U. Pühse, et E. Holsboer-Trachsler. 2010b. « Exercising, Sleep-EEG Patterns, and Psychological Functioning Are Related among Adolescents ». *The World Journal of Biological Psychiatry: The Official Journal of the World Federation of Societies of Biological Psychiatry* 11 (2): 129-40.
- Brand, S., et R. Kirov. 2011. « Sleep and Its Importance in Adolescence and in Common Adolescent Somatic and Psychiatric Conditions ». *International Journal of General Medicine* 4: 425-42.
- Bräuner, E.V., L. Forchhammer, P. Møller, J. Simonsen, M. Glasius, P. Wåhlin, O. Raaschou-Nielsen, et S. Loft. 2007. « Exposure to Ultrafine Particles from Ambient Air and Oxidative Stress-Induced DNA Damage ». *Environmental Health Perspectives* 115 (8): 1177-82.
- Bredeweg, S.W., B. Kluitenberg, B. Bessem, et I. Buist. 2013. « Differences in Kinetic Variables between Injured and Noninjured Novice Runners: A Prospective Cohort Study ». *Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia* 16 (3): 205-10.
- Breen, L., et S.M. Phillips. 2012. « Nutrient Interaction for Optimal Protein Anabolism in Resistance Exercise ». *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* 15 (3): 226-32.

- Briot, K. 2012. « [Laboratory tests in osteoporosis] ». *La Revue Du Praticien* 62 (2): 190.
- Brock, M.A. 1991. « Chronobiology and Aging ». *Journal of the American Geriatrics Society* 39 (1): 74-91.
- Broekhuizen, K., A.-M. Scholten, et S.I. de Vries. 2014. « The Value of (pre)school Playgrounds for Children's Physical Activity Level: A Systematic Review ». *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 11: 59.
- Brondel, L., M.A. Romer, P.M. Nougues, P. Touyarou, et D. Davenne. 2010. « Acute Partial Sleep Deprivation Increases Food Intake in Healthy Men ». *The American Journal of Clinical Nutrition* 91 (6): 1550-59.
- Broocks, A., B. Bandelow, G. Pekrun, A. George, T. Meyer, U. Bartmann, U. Hillmer-Vogel, et E. Rüther. 1998. « Comparison of Aerobic Exercise, Clomipramine, and Placebo in the Treatment of Panic Disorder ». *The American Journal of Psychiatry* 155 (5): 603-9.
- Brook, R.D., R.L. Bard, R.T. Burnett, H.H. Shin, A. Vette, C. Croghan, M. Phillips, C. Rodes, J. Thornburg, et R. Williams. 2011. « Differences in Blood Pressure and Vascular Responses Associated with Ambient Fine Particulate Matter Exposures Measured at the Personal versus Community Level ». *Occupational and Environmental Medicine* 68 (3): 224-30.
- Brook, R.D., M.I. Jerrett, J.R. Brook, R.L. Bard, et M.M. Finkelstein. 2008. « The Relationship between Diabetes Mellitus and Traffic-Related Air Pollution ». *Journal of Occupational and Environmental Medicine / American College of Occupational and Environmental Medicine* 50 (1): 32-38.
- Brook, R.D., S. Rajagopalan, C.A. Pope, J.R. Brook, A. Bhatnagar, A.V. Diez-Roux, F. Holguin. 2010. « Particulate Matter Air Pollution and Cardiovascular Disease: An Update to the Scientific Statement from the American Heart Association ». *Circulation* 121 (21): 2331-78.
- Brooks, A. et L. Lack. 2006. « A Brief Afternoon Nap Following Nocturnal Sleep Restriction: Which Nap Duration Is Most Recuperative? ». *Sleep* 29 (6): 831-40.
- Broom, D.R., R.L. Batterham, J.A. King, et D.J. Stensel. 2009. « Influence of Resistance and Aerobic Exercise on Hunger, Circulating Levels of Acylated Ghrelin, and Peptide YY in Healthy Males ». *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 296 (1): 29-35.
- Broom, D.R., D.J. Stensel, N.C. Bishop, S.F. Burns, et M. Miyashita. 2007. « Exercise-Induced Suppression of Acylated Ghrelin in Humans ». *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)* 102 (6): 2165-71.
- Brouard, C., N. Duthéil, P. Gilbert, H. Michaudon, S. Vanovermeir, P. Tisserand, C. Vaslin, M. Maudinet, A. Piquet, et J. Sanchez. 2004. *Le handicap en chiffres 2004*. Paris: Drees.
- Brown, D.W., L.S. Balluz, G.W. Heath, D.G. Moriarty, E.S. Ford, W.H. Giles, et A.H. Mokdad. 2003. « Associations between Recommended Levels of Physical Activity and Health-Related Quality of Life. Findings from the 2001 Behavioral Risk Factor Surveillance System (BRFSS) Survey ». *Preventive Medicine* 37 (5): 520-28.
- Brown, D.W., D.R. Brown, G.W. Heath, L. Balluz, W.H. Giles, E.S. Ford, et A.H. Mokdad. 2004. « Associations between Physical Activity Dose and Health-Related Quality of Life ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 36 (5): 890-96.
- Brown, J.P., L. Gallicchio, J.A. Flaws, et J.K. Tracy. 2009. « Relations among Menopausal Symptoms, Sleep Disturbance and Depressive Symptoms in Midlife ». *Maturitas* 62 (2): 184-89.
- Brown, T., et C. Summerbell. 2009. « Systematic Review of School-Based Interventions That Focus on Changing Dietary Intake and Physical Activity Levels to Prevent Childhood Obesity: An Update to the Obesity Guidance Produced by the National Institute for Health and Clinical Excellence ». *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity* 10 (1): 110-41.
- Bruce, L., et G.F. Nixon. 1997. « Increased Sensitization of the Myofilaments in Rat Neonatal

- Portal Vein: A Potential Mechanism ». *Experimental Physiology* 82 (6): 985-93.
- Brühmann, B., et S. Schneider. 2011. « Risk Groups for Sports Injuries among Adolescents-- Representative German National Data ». *Child: Care, Health and Development* 37 (4): 597-605.
- Bruunsgaard, H., K. Andersen-Ranberg, B. Jeune, A. N. Pedersen, P. Skinhøj, et B. K. Pedersen. 1999. « A High Plasma Concentration of TNF-Alpha Is Associated with Dementia in Centenarians ». *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences* 54 (7): 357-64.
- Buchholz, A.C., J. Horrocks, K.A. Martin Ginis, S.R. Bray, B.C. Craven, A.L. Hicks, K.C. Hayes, et al. 2012. « Changes in Traditional Chronic Disease Risk Factors over Time and Their Relationship with Leisure-Time Physical Activity in People Living with Spinal Cord Injury ». *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 37 (6): 1072-79.
- Buchholz, A.C., K.A. Martin Ginis, S.R. Bray, B.C. Craven, A.L. Hicks, K.C. Hayes, A.E. Latimer, M.A. McColl, P.J. Potter, et D.L. Wolfe. 2009. « Greater Daily Leisure Time Physical Activity Is Associated with Lower Chronic Disease Risk in Adults with Spinal Cord Injury ». *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 34 (4): 640-47.
- Buckwalter, J.A., et N.E. Lane. 1997. « Athletics and Osteoarthritis ». *The American Journal of Sports Medicine* 25 (6): 873-81.
- Buford, T.W., M.B. Cooke, B.D. Shelmadine, G.M. Hudson, L. Redd, et D.S. Willoughby. 2009. « Effects of Eccentric Treadmill Exercise on Inflammatory Gene Expression in Human Skeletal Muscle ». *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 34 (4): 745-53.
- Buford, T.W., F.-C. Hsu, T.E. Brinkley, C.S. Carter, T.S. Church, J.A. Dodson, B.H. Goodpaster, et al. 2014. « Genetic Influence on Exercise-Induced Changes in Physical Function among Mobility-Limited Older Adults ». *Physiological Genomics* 46 (5): 149-58.
- Buist, I., S.W. Bredeweg, K.A.P.M. Lemmink, W. van Mechelen, et R.L. Diercks. 2010. « Predictors of Running-Related Injuries in Novice Runners Enrolled in a Systematic Training Program: A Prospective Cohort Study ». *The American Journal of Sports Medicine* 38 (2): 273-80.
- Buist, I., S.W. Bredeweg, W. van Mechelen, K.A.P.M. Lemmink, G.-J. Pepping, et R.L. Diercks. 2008. « No Effect of a Graded Training Program on the Number of Running-Related Injuries in Novice Runners: A Randomized Controlled Trial ». *The American Journal of Sports Medicine* 36 (1): 33-39.
- Bull, F.C., T.S. Maslin, et T. Armstrong. 2009. « Global physical activity questionnaire (GPAQ): nine country reliability and validity study ». *J Phys Act. Health* 6 (6): 790-804.
- Bullinger, M., A.L. Brütt, M. Erhart, U. Ravens-Sieberer, et BELLA Study Group. 2008. « Psychometric Properties of the KINDL-R Questionnaire: Results of the BELLA Study ». *European Child & Adolescent Psychiatry* 17 Suppl 1 (décembre): 125-32.
- Bunnell, R., D. O'Neil, R. Soler, R. Payne, W.H. Giles, J. Collins, U. Bauer, et Communities Putting Prevention to Work Program Group. 2012. « Fifty Communities Putting Prevention to Work: Accelerating Chronic Disease Prevention through Policy, Systems and Environmental Change ». *Journal of Community Health* 37 (5): 1081-90.
- Bunt, J.C., A.D. Salbe, I.T. Harper, R.L. Hanson, et P.A. Tataranni. 2003. « Weight, adiposity, and physical activity as determinants of an insulin sensitivity index in pima Indian children ». *Diabetes Care* 26: 2524-30.
- Burge, R., B. Dawson-Hughes, D.H. Solomon, J.B. Wong, A. King, et A. Tosteson. 2007. « Incidence and Economic Burden of Osteoporosis-Related Fractures in the United States, 2005-2025 ». *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 22 (3): 465-75.
- Burgomaster, K.A., K.R. Howarth, S.M. Phillips, M. Rakobowchuk, M.J. Macdonald, S.L. McGee, et M.J. Gibala. 2008. « Similar Metabolic Adaptations during Exercise after Low Volume Sprint Interval and Traditional Endurance Training in Humans ». *The Journal of Physiology* 586 (1): 151-60.

- Burgomaster, K.A., S.C. Hughes, G.J.F. Heigenhauser, S.N. Bradwell, et M.J. Gibala. 2005. « Six Sessions of Sprint Interval Training Increases Muscle Oxidative Potential and Cycle Endurance Capacity in Humans ». *Journal of Applied Physiology* 98 (6): 1985-90.
- Burkett, L.N. 1970. « Causative Factors in Hamstring Strains ». *Medicine and Science in Sports* 2 (1): 39-42.
- Burr, D.B. 1997. « Bone, Exercise, and Stress Fractures ». *Exercise and Sport Sciences Reviews* 25: 171-94.
- Burton, N.W., G. Turrell, et B. Oldenburg. 2003. « Participation in recreational physical activity: Why do socioeconomic groups differ? » *Health Education & Behavior* 30 (2): 225-44.
- Buskirk, E.R., K. Lange Andersen, et J. Brozek. 1956. « Unilateral Activity and Bone and Muscle Development in the Forearm ». *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation* 27 (2): 127-31.
- Butler-Browne, G., et A.-X. Bigard. 2006. « Caractéristiques du vieillissement musculaire et effets préventifs de l'exercice régulier ». *Science & Sports* 21 (4): 184-93.
- Buxton, O. M., S. A. Frank, M. L'Hermite-Balériaux, R. Leproult, F. W. Turek, et E. van Cauter. 1997. « Roles of Intensity and Duration of Nocturnal Exercise in Causing Phase Delays of Human Circadian Rhythms ». *The American Journal of Physiology* 273 (3 Pt 1): 536-42.
- Buxton, O.M., Se.W. Cain, S.P. O'Connor, J.H. Porter, J.F. Duffy, W. Wang, C.A. Czeisler, et S.A. Shea. 2012. « Adverse Metabolic Consequences in Humans of Prolonged Sleep Restriction Combined with Circadian Disruption ». *Science Translational Medicine* 4 (129).
- Buyse, D.J., C.F. Reynolds, T.H. Monk, C.C. Hoch, A.L. Yeager, et D.J. Kupfer. 1991. « Quantification of Subjective Sleep Quality in Healthy Elderly Men and Women Using the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) ». *Sleep* 14 (4): 331-38.
- Byun, W., M. Dowda, et R.R. Pate. 2011. « Correlates of objectively measured sedentary behavior in US preschool children ». *Pediatrics* 128 (5): 937-45.
- Cadore, E.L., L. Rodríguez-Mañas, A.Sinclair, et M. Izquierdo. 2013. « Effects of Different Exercise Interventions on Risk of Falls, Gait Ability, and Balance in Physically Frail Older Adults: A Systematic Review ». *Rejuvenation Research* 16 (2): 105-14.
- Cajochen, C., M. Münch, V. Knoblauch, K. Blatter, et A. Wirz-Justice. 2006. « Age-Related Changes in the Circadian and Homeostatic Regulation of Human Sleep ». *Chronobiology International* 23 (1-2): 461-74.
- Cakmak, S., R.D., J. Leech, et L. Liu. 2011. « The Influence of Air Pollution on Cardiovascular and Pulmonary Function and Exercise Capacity: Canadian Health Measures Survey (CHMS) ». *Environmental Research* 111 (8): 1309-12.
- Calderon-Garcia, J.F., J.M. Lavado-Garcia, R. Roncero Martin, J.M. Moran, M.L. Canal-Macias, et J.D. Pedrera-Zamorano. 2013. « Bone Ultrasound and Physical Activity in Postmenopausal Spanish Women ». *Biological Research for Nursing* 15 (4): 416-21.
- Calvin, A.D., R.E. Carter, T. Adachi, P.G. Macedo, F.N. Albuquerque, C. van der Walt, J. Bukartyk, D.E. Davison, J.A. Levine, et V.K. Somers. 2013. « Effects of Experimental Sleep Restriction on Caloric Intake and Activity Energy Expenditure ». *Chest* 144 (1): 79-86.
- Campos Costa, I., H. Nogueira Carvalho, et L. Fernandes. 2013. « Aging, Circadian Rhythms and Depressive Disorders: A Review ». *American Journal of Neurodegenerative Disease* 2 (4): 228-46.
- Cappuccio, F.P., F.M. Taggart, N.-B. Kandala, A. Currie, E. Peile, S. Stranges, et M.A. Miller. 2008. « Meta-Analysis of Short Sleep Duration and Obesity in Children and Adults ». *Sleep* 31 (5): 619-26.
- Cardon, G., et I. de Bourdeaudhuij. 2007. « Comparison of pedometer and accelerometer measures of physical activity in preschool children ». *Ped Exerc Sci* 19: 93-102.
- Carlson, J.A., J.F. Sallis, T.L. Conway, B.E. Saelens, L.D. Frank, J.e Kerr, K.L. Cain, et A.C. King. 2012. « Interactions between Psychosocial and Built Environment Factors in Explaining

- Older Adults' Physical Activity ». *Preventive Medicine* 54 (1): 68-73.
- Carnier, J., M. Túlio de Mello, C. Ackel-DElia, F. Campos Corgosinho, R. Munhoz da Silveira Campos, P. de Lima Sanches, D.C. Landi Masquio, et al. 2013. « Aerobic Training (AT) Is More Effective than Aerobic plus Resistance Training (AT+RT) to Improve Anorexigenic/orexigenic Factors in Obese Adolescents ». *Appetite* 69 (octobre): 168-73.
- Carroll, J.F., M.L. Pollock, J.E. Graves, S.H. Leggett, D.L. Spittler, et D.T. Lowenthal. 1992. « Incidence of Injury during Moderate- and High-Intensity Walking Training in the Elderly ». *Journal of Gerontology* 47 (3): 61-66.
- Carskadon, M.A. 1990. « Patterns of Sleep and Sleepiness in Adolescents ». *Pediatrician* 17 (1): 5-12.
- Case, N., J. Thomas, B. Sen, M. Styner, Z. Xie, K. Galior, et J. Rubin. 2011. « Mechanical Regulation of Glycogen Synthase Kinase 3 β (GSK3 β) in Mesenchymal Stem Cells Is Dependent on Akt Protein Serine 473 Phosphorylation via mTORC2 Protein ». *The Journal of Biological Chemistry* 286 (45): 39450-56.
- Caspersen, C.J., K.E. Powell, et G.M. Christenson. 1985. « Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research ». *Public Health Rep* 100 (2): 126-31.
- Cassell, C., M. Benedict, et B. Specker. 1996. « Bone Mineral Density in Elite 7- to 9-Yr-Old Female Gymnasts and Swimmers ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 28 (10): 1243-46.
- Cassilhas, R.C., H. Karen M. Antunes, S. Tufik, et M. Tujlio de Mello. 2010. « Mood, Anxiety, and Serum IGF-1 in Elderly Men given 24 Weeks of High Resistance Exercise ». *Perceptual and Motor Skills* 110 (1): 265-76.
- Castelli, D.M., C.H. Hillman, S.M. Buck, et H.E. Erwin. 2007. « Physical Fitness and Academic Achievement in Third- and Fifth-Grade Students ». *Journal of Sport & Exercise Psychology* 29 (2): 239-52.
- Cauley, J.A., S.L. Harrison, P.M. Cawthon, K.E. Ensrud, M.E. Danielson, E. Orwoll, et D.C. Mackey. 2013. « Objective measures of Physical Activity, Fractures and Falls: The Osteoporotic Fractures in Men Study (MrOS) ». *Journal of the American Geriatrics Society* 61 (7): 1080-88.
- Cederholm, T., A.J. Cruz-Jentoft, et S. Maggi. 2013. « Sarcopenia and Fragility Fractures ». *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* 49 (1): 111-17.
- Centers for Disease Control and Prevention. 1999. "Stress at work." NIOSH (99-101).
- Centers for Disease Control and Prevention. 2007. "Physical Activity Among Adults With a Disability - United States, 2005." Morbidity and Mortality Weekly Report 56:1021-1024.
- Centers for Disease Control and Prevention. 2010. "Youth Risk Behavior Surveillance - United States, 2009." Morbidity and Mortality Weekly Report 59 (SS05):1-142.
- Ceolim, M.F., et L. Menna-Barreto. 2000. « Sleep/wake Cycle and Physical Activity in Healthy Elderly People ». *Sleep Research Online: SRO* 3 (3): 87-95.
- Cespedes, E.M., Sheryl L. Rifas-Shiman, S. Redline, M.W. Gillman, M.-M. Peña, et E.M. Taveras. 2014. « Longitudinal Associations of Sleep Curtailment with Metabolic Risk in Mid-Childhood ». *Obesity* 22 (12): 2586-92
- Chakravarthy, M.V., F.W. Booth, et E.E. Spangenburg. 2001. « The Molecular Responses of Skeletal Muscle Satellite Cells to Continuous Expression of IGF-1: Implications for the Rescue of Induced Muscular Atrophy in Aged Rats ». *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 11 Suppl (décembre): 44-48.
- Chakravarty, E.F., H.B. Hubert, V.B. Lingala, E. Zatarain, et J.F. Fries. 2008. « Long Distance Running and Knee Osteoarthritis. A Prospective Study ». *American Journal of Preventive Medicine* 35 (2): 133-38.
- Chan-Chee, C., V. Bayon, J. Bloch, F. Beck, J.-P. Giordanella, et D. Leger. 2011. « Épidémiologie

- de l'insomnie en France : état des lieux ». *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique* 59 (6): 409-22.
- Chang, J.J., G. W. Pien, K.A. Stamatakis, et R.C. Brownson. 2013. « Association between Physical Activity and Insomnia Symptoms in Rural Communities of Southeastern Missouri, Tennessee, and Arkansas ». *The Journal of Rural Health: Official Journal of the American Rural Health Association and the National Rural Health Care Association* 29 (3): 239-47.
- Chang, Y.-K., J.D. Labban, J.I. Gapin, et J.L. Etnier. 2012. « The Effects of Acute Exercise on Cognitive Performance: A Meta-Analysis ». *Brain Research* 1453 (mai): 87-101.
- Chang, Y.-K., Y.-H. Nien, C.-L. Tsai, et J.L. Etnier. 2010. « Physical Activity and Cognition in Older Adults: The Potential of Tai Chi Chuan ». *Journal of Aging and Physical Activity* 18 (4): 451-72.
- Chappard, C. 2012. « [Microarchitecture assessment of human trabecular bone: description of methods] ». *Médecine Sciences: M/S* 28 (12): 1111-15.
- Chaput, J.-P. 2014. « Sleep Patterns, Diet Quality and Energy Balance ». *Physiology & Behavior* 134 (juillet): 86-91.
- Chaput, J.-P., J.-P. Després, C. Bouchard, et A. Tremblay. 2007. « Short Sleep Duration is Associated with Reduced Leptin Levels and Increased Adiposity: Results from the Québec Family Study ». *Obesity* 15 (1): 253-61.
- Chaput, J.-P., V.Drapeau, P. Poirier, N. Teasdale, et A. Tremblay. 2008. « Glycemic Instability and Spontaneous Energy Intake: Association with Knowledge-Based Work ». *Psychosomatic Medicine* 70 (7): 797-804.
- Chaput, J.-P., L. Klingenberg, et A. Sjödin. 2010. « Do All Sedentary Activities Lead to Weight Gain: Sleep Does Not ». *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* 13 (6): 601-7.
- Chaput, J.-P., J. McNeil, J.-P. Després, C. Bouchard, et A. Tremblay. 2013. « Short Sleep Duration as a Risk Factor for the Development of the Metabolic Syndrome in Adults ». *Preventive Medicine* 57 (6): 872-77.
- Chaput, J.-P., T.J. Saunders, M.-È. Mathieu, M. Henderson, M. Stephen Tremblay, J. O'Loughlin, et A. Tremblay. 2013. « Combined Associations between Moderate to Vigorous Physical Activity and Sedentary Behaviour with Cardiometabolic Risk Factors in Children ». *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquée, Nutrition Et Métabolisme* 38 (5): 477-83.
- Chaput, J.-P., et M.-P. St-Onge. 2014. « Increased Food Intake by Insufficient Sleep in Humans: Are We Jumping the Gun on the Hormonal Explanation? ». *Frontiers in Endocrinology* 5: 116.
- Chaput, J.-P., et A. Tremblay. 2007. « Does Short Sleep Duration Favor Abdominal Adiposity in Children? ». *International Journal of Pediatric Obesity: IJPO: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity* 2 (3): 188-91.
- Chaput, J.-P., T. Visby, S. Nyby, L. Klingenberg, N.T. Gregersen, A. Tremblay, A. Astrup, et A. Sjödin. 2011. « Video Game Playing Increases Food Intake in Adolescents: A Randomized Crossover Study ». *The American Journal of Clinical Nutrition* 93 (6): 1196-1203.
- Chaput, J.-P., C. Schwartz, Y. Boirie, M. Duclos, A. Tremblay, et D. Thivel. 2015. « Energy Intake Adaptations to Acute Isoenergetic Active Video Games and Exercise Are Similar in Obese Adolescents ». *European Journal of Clinical Nutrition* 69 (11): 1267-71.
- Chase, C.A., K. Mann, S. Wasek, et M. Arbesman. 2012. « Systematic Review of the Effect of Home Modification and Fall Prevention Programs on Falls and the Performance of Community-Dwelling Older Adults ». *The American Journal of Occupational Therapy: Official Publication of the American Occupational Therapy Association* 66 (3): 284-91.
- Chastin, S., N. Fitzpatrick, M. Andrews, et N. DiCroce. 2014. « Determinants of Sedentary Behavior, Motivation, Barriers and Strategies to Reduce Sitting Time in Older Women: A Qualitative Investigation ». *International Journal of Environmental Research and Public*

Health 11: 773-91.

- Chastin, S., O. Mandrichenko, et D.A. Skelton. 2014. « The Frequency of Osteogenic Activities and the Pattern of Intermittence between Periods of Physical Activity and Sedentary Behaviour Affects Bone Mineral Content: The Cross-Sectional NHANES Study ». *BMC Public Health* 14: 4.
- Chastin, S., U. Schwarz, et D.A. Skelton. 2013. « Development of a Consensus Taxonomy of Sedentary Behaviors (SIT): Report of Delphi Round 1 ». *Plos One* 8 (12): e82313.
- Chatard, J. C., et A. Denis. 1994. « Aptitude physique du sujet âgé ». *Annales de réadaptation et de médecine physique* 37 (7): 423-29.
- Chau, J.Y., A.C. Grunseit, T. Chey, E. Stamatakis, W.J. Brown, C.E. Matthews, A.E. Bauman, et H.P. van der Ploeg. 2013. « Daily Sitting Time and All-Cause Mortality: A Meta-Analysis ». *PLoS One* 8 (11): e80000.
- Cheng, S., S. Sipilä, D.R. Taaffe, J. Puolakka, et H. Suominen. 2002. « Change in Bone Mass Distribution Induced by Hormone Replacement Therapy and High-Impact Physical Exercise in Post-Menopausal Women ». *Bone* 31 (1): 126-35.
- Cheng, S., E. Völgyi, F.A. Tylavsky, A. Lyytikäinen, T. Törmäkangas, L. Xu, S.M. Cheng, H. Kröger, M. Alèn, et U.M. Kujala. 2009. « Trait-Specific Tracking and Determinants of Body Composition: A 7-Year Follow-up Study of Pubertal Growth in Girls ». *BMC Medicine* 7: 5.
- Cheng, Y. J., C.A. Macera, C.L. Addy, F.S. Sy, D. Wieland, et S.N. Blair. 2003. « Effects of Physical Activity on Exercise Tests and Respiratory Function ». *British Journal of Sports Medicine* 37 (6): 521-28.
- Cheng, Y., C.A. Macera, D.R. Davis, B.E. Ainsworth, P.J. Troped, et S.N. Blair. 2000. « Physical activity and self-reported, physician-diagnosed osteoarthritis: is physical activity a risk factor? ». *Journal of clinical epidemiology* 53 (3): 315-22.
- Chen, H., S.M. Zhang, M.A. Schwarzschild, M.A. Hernán, et A. Ascherio. 2005. « Physical activity and the risk of Parkinson disease ». *Neurology* 64: 664-69.
- Chen, K.Y., K.F. Janz, W. Zhu, et R.J. Brychta. 2012. « Redefining the Roles of Sensors in Objective Physical Activity Monitoring ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 44 (1 Suppl 1): 13-23.
- Chen, K.-M., M.-H. Chen, H.-C. Chao, H.-M. Hung, H.-S. Lin, et C.-H. Li. 2009. « Sleep Quality, Depression State, and Health Status of Older Adults after Silver Yoga Exercises: Cluster Randomized Trial ». *International Journal of Nursing Studies* 46 (2): 154-63.
- Chen, M.-Y., E.K. Wang, et Y.-J. Jeng. 2006. « Adequate Sleep among Adolescents Is Positively Associated with Health Status and Health-Related Behaviors ». *BMC Public Health* 6: 59.
- Chennaoui, M., P.J. Arnal, F. Sauvet, et D. Léger. 2015. « Sleep and Exercise: A Reciprocal Issue? ». *Sleep Medicine Reviews* 20 (avril): 59-72.
- Chennaoui, M., C. Drogou, F. Sauvet, D. Gomez-Merino, D.E. Scofield, et B.C. Nindl. 2014. « Effect of Acute Sleep Deprivation and Recovery on Insulin-like Growth Factor-I Responses and Inflammatory Gene Expression in Healthy Men ». *European Cytokine Network* 25 (3): 52-57.
- Chevalley, T., J.-P. Bonjour, B. van Rietbergen, S. Ferrari, et R. Rizzoli. 2014. « Tracking of Environmental Determinants of Bone Structure and Strength Development in Healthy Boys: An Eight-Year Follow Up Study on the Positive Interaction Between Physical Activity and Protein Intake from Prepuberty to Mid-Late Adolescence ». *Journal of Bone and Mineral Research* 29 (10): 2182-92.
- Chilcott, L.A., et C.M. Shapiro. 1996. « The Socioeconomic Impact of Insomnia. An Overview ». *Pharmacoeconomics* 10 Suppl 1: 1-14.
- Chinapaw, M.J., L.B. Mokkink, M.N. van Poppel, W. van Mechelen, et C.B. Terwee. 2010. « Physical activity questionnaires for youth: a systematic review of measurement properties ». *Sports Med* 40 (7): 539-63.

- Chodick, G., U. Elchalal, T. Sella, A. D. Heymann, A. Porath, E. Kokia, et V. Shalev. 2010. « The Risk of Overt Diabetes Mellitus among Women with Gestational Diabetes: A Population-Based Study ». *Diabetic Medicine: A Journal of the British Diabetic Association* 27 (7): 779-85.
- Chomistek, A.K., J.E. Manson, M.L. Stefanick, B. Lu, M. Sands-Lincoln, S.B. Going, L. Garcia, et al. 2013. « Relationship of Sedentary Behavior and Physical Activity to Incident Cardiovascular Disease: Results from the Women's Health Initiative ». *Journal of the American College of Cardiology* 61 (23): 2346-54.
- Chow, R., J.E. Harrison, et C. Notarius. 1987. « Effect of Two Randomised Exercise Programmes on Bone Mass of Healthy Postmenopausal Women ». *British Medical Journal (Clinical Research Ed.)* 295 (6611): 1441-44.
- Christel, P. 2005. « [Anterior cruciate ligament and rotation stability] ». *Revue De Chirurgie Orthopédique Et Réparatrice De L'appareil Moteur* 91 (S8): 18-22.
- Chubak, J., C.M. Ulrich, S.S. Tworoger, B. Sorensen, Y. Yasui, M. L. Irwin, F.Z. Stanczyk, J.D. Potter, et A. McTiernan. 2006. « Effect of Exercise on Bone Mineral Density and Lean Mass in Postmenopausal Women ». *Med Sci Sports Exerc* 38 (7): 1236-44.
- Chu, E.Y.W., A.M. McManus, et C.C.W. Yu. 2007. « Calibration of the RT3 accelerometer for ambulation and nonambulation in children ». *Med Sci Sports Exerc* 39(): (11): 2085-91.
- Chugh, S.S., J. Jui, K. Gunson, E.C. Stecker, B.T. John, B. Thompson, N. Ilias, et al. 2004. « Current Burden of Sudden Cardiac Death: Multiple Source Surveillance versus Retrospective Death Certificate-Based Review in a Large U.S. Community ». *Journal of the American College of Cardiology* 44 (6): 1268-75.
- Church, T. 2011. « Exercise in Obesity, Metabolic Syndrome, and Diabetes ». *Progress in Cardiovascular Diseases* 53 (6): 412-18.
- Claesson, I.M, S. Klein, G.Sydsjö, et A.Josefsson. 2014. « Physical activity and psychological well-being in obese pregnant and postpartum women attending a weight-gain restriction programme ». *Midwifery* 30 (1): 11-16.
- Clapp, J.F. 2003. « The Effects of Maternal Exercise on Fetal Oxygenation and Feto-Placental Growth ». *European Journal of Obstetrics, Gynecology, and Reproductive Biology* 110 Suppl 1 (septembre): 80-85.
- Clapp, J.F. 2000. « Exercise during Pregnancy. A Clinical Update ». *Clinics in Sports Medicine* 19 (2): 273-86.
- Clapp, J. F., 3rd. 1980. « Acute exercise stress in the pregnant ewe ». *Am J Obstet Gynecol* 136: 489-94.
- Clark, B.K., T. Sugiyama, G.N. Healy, J. Salmon, D.W. Dunstan, J.E. Shaw, P.Z. Zimmet, et N. Owen. 2010. « Socio-Demographic Correlates of Prolonged Television Viewing Time in Australian Men and Women: The AusDiab Study ». *Journal of Physical Activity & Health* 7 (5): 595-601.
- Clark, D.J., C. Patten, K.F. Reid, R.J. Carabello, E.M. Phillips, et R.A. Fielding. 2011. « Muscle Performance and Physical Function Are Associated with Voluntary Rate of Neuromuscular Activation in Older Adults ». *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences* 66 (1): 115-21.
- Cliff, D.P., et A.D. Okely. 2007. « Comparison of two sets of accelerometer cut-off points for calculating moderate-to-vigorous physical activity in young children ». *J Phys Act Health* 4: 509-13.
- Clinton, J.M., C.J. Davis, M.R. Zielinski, K.A. Jewett, et J.M. Krueger. 2011. « Biochemical Regulation of Sleep and Sleep Biomarkers ». *Journal of Clinical Sleep Medicine: JCSM: Official Publication of the American Academy of Sleep Medicine* 7 (5 Suppl): 38-42.
- Cloes, M., N. Laraki, J. Dubuisson, et C. Theunissen. 2007. « Attitudes, perception of physical education's objectives and self-competence among secondary school students. Comparison according to BMI ». In *AIESEP World Congress 2006 : The role of physical*

- education and sport in promoting physical activity and health*, édité par P. Heikinaro-Johansson, R. ? Telama, et E. McEvoy, 4: 68-78. Department of Sport Sciences Research.
- CNDS, INSEP, et MEOS. 2010. « Enquête sur les Pratiques Physiques et Sportives (EPPS) ». Ministère des Sports.
- Coelho, F., S. Gobbi, C.A. Almeida Andreatto, D. Icassati Corazza, R. Valle Pedroso, et R. Ferreira Santos-Galduróz. 2013. « Physical Exercise Modulates Peripheral Levels of Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF): A Systematic Review of Experimental Studies in the Elderly ». *Archives of Gerontology and Geriatrics* 56 (1): 10-15.
- Cohen, D.A., C. Setodji, K.R. Evenson, P. Ward, S. Lapham, A. Hillier, et T.L. McKenzie. 2011. « How much observation is enough? Refining the administration of SOPARC ». *J Phys Act Health* 8 (8): 1117-23.
- Cohen, S., R.C. Kessler, et L. Gordon. 1995. *Measuring Stress: A Guide for Health and Social Scientists*. New York: Oxford University Press.
- Cohen, S., D. Janicki-Deverts, et G.E. Miller. 2007. « Psychological stress and disease ». *JAMA* 298 (14): 1685-87.
- Cohen, S., T. Kamarck, et R. Mermelstein. 1983. « A Global Measure of Perceived Stress ». *Journal of Health and Social Behavior* 24 (4): 385-96.
- Colberg, S.R., R.J. Sigal, B. Fernhall, J.G. Regensteiner, B.J. Blissmer, R.R. Richard, L. Chasan-Taber, A.L. Albright, et B. Braun. 2010. « Exercise and type 2 diabetes: the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement executive summary ». *Diabetes Care* 33 (12): 2692-96.
- Colbert, L.H., J.M. Hootman, et C.A. Macera. 2000. « Physical Activity-Related Injuries in Walkers and Runners in the Aerobics Center Longitudinal Study ». *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine* 10 (4): 259-63.
- Colcombe, S., et A. F. Kramer. 2003. « Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study ». *Psychol.Sci.* 14 (2): 125-30.
- Colcombe, S.J., K.I. Erickson, P.E. Scalf, J.S. Kim, R. Prakash, E. McAuley, S. Elavsky, D.X. Marquez, L. Hu, et A.F. Kramer. 2006. « Aerobic Exercise Training Increases Brain Volume in Aging Humans ». *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences* 61 (11): 1166-70.
- Colcombe, S.J., A.F. Kramer, K.I. Erickson, P. Scalf, E. McAuley, N.J. Cohen, A. Webb, G.J. Jerome, D.X. Marquez, et S. Elavsky. 2004. « Cardiovascular Fitness, Cortical Plasticity, and Aging ». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101 (9): 3316-21.
- Colley, R.C., et M.S. Tremblay. 2011. « Moderate and vigorous physical activity intensity cut-points for the Actical accelerometer ». *J Sports Sci* 29 (8): 783-89.
- Colrain, I.M., et F.C. Baker. 2011. « Changes in Sleep as a Function of Adolescent Development ». *Neuropsychology Review* 21 (1): 5-21.
- Conaghan, P. G. 2002. « Update on Osteoarthritis Part 1: Current Concepts and the Relation to Exercise ». *British Journal of Sports Medicine* 36 (5): 330-33.
- Conn, J. M., J. L. Annest, et J. Gilchrist. 2003. « Sports and Recreation Related Injury Episodes in the US Population, 1997-99 ». *Injury Prevention: Journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention* 9 (2): 117-23.
- Conn, Ju.M., J.L. Annest, R.M. Bossarte, et J. Gilchrist. 2006. « Non-Fatal Sports and Recreational Violent Injuries among Children and Teenagers, United States, 2001-2003 ». *Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia* 9 (6): 479-89.
- Connor, K.M., S. Vaishnavi, J.R.T. Davidson, D.V. Sheehan, et K.H. Sheehan. 2007. « Perceived Stress in Anxiety Disorders and the General Population: A Study of the Sheehan Stress Vulnerability Scale ». *Psychiatry Research* 151 (3): 249-54.
- Conn, V.S., A.R. Hafdahl, P.S. Cooper, L.M. Brown, et S.L. Lusk. 2009. « Meta-Analysis of

- Workplace Physical Activity Interventions ». *American Journal of Preventive Medicine* 37 (4): 330-39.
- Conroy, B.P., W.J. Kraemer, C.M. Maresh, S.J. Fleck, M.H. Stone, A.C. Fry, P.D. Miller, et G.P. Dalsky. 1993. « Bone Mineral Density in Elite Junior Olympic Weightlifters ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 25 (10): 1103-9.
- Cook, D.G., M.A. Mendall, P.H. Whincup, I.M. Carey, L. Ballam, J.E. Morris, G.J. Miller, et D.P. Strachan. 2000. « C-Reactive Protein Concentration in Children: Relationship to Adiposity and Other Cardiovascular Risk Factors ». *Atherosclerosis* 149 (1): 139-50.
- Cooper, C., E.J. Atkinson, S.J. Jacobsen, W.M. O'Fallon, et L.J. Melton. 1993. « Population-Based Study of Survival after Osteoporotic Fractures ». *American Journal of Epidemiology* 137 (9): 1001-5.
- Cooper, C., et D. Coggon. 1999. « Physical Activity and Knee Osteoarthritis ». *Lancet (London, England)* 353 (9171): 2177-78.
- Cooper, C., T. McAlindon, D. Coggon, P. Egger, et P. Dieppe. 1994. « Occupational Activity and Osteoarthritis of the Knee ». *Annals of the Rheumatic Diseases* 53 (2): 90-93.
- Cooper, C., S. Snow, T.E. McAlindon, S. Kellingray, B. Stuart, D. Coggon, et P.A. Dieppe. 2000. « Risk Factors for the Incidence and Progression of Radiographic Knee Osteoarthritis ». *Arthritis and Rheumatism* 43 (5): 995-1000.
- Cooper, R., D. Kuh, R. Hardy, Mortality Review Group, et FALCon and HALCyon Study Teams. 2010. « Objectively Measured Physical Capability Levels and Mortality: Systematic Review and Meta-Analysis ». *BMJ (Clinical Research Ed.)* 341: 4467.
- Corder, K., S. Brage, et U. Ekelund. 2007. « Accelerometers and pedometers: methodology and clinical application ». *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 10: 597-603.
- Corder, K., E.M. van Sluijs, A. Wright, P. Whincup, N.J. Wareham, et U. Ekelund. 2009. « Is it possible to assess free-living physical activity and energy expenditure in young people by self-report? ». *Am J Clin Nutr* 89 (3): 862-70.
- Corrado, D., A. Pelliccia, H.H. Bjørnstad, L. Vanhees, A. Biffi, M. Borjesson, N. Panhuyzen-Goedkoop, et al. 2005. « Cardiovascular Pre-Participation Screening of Young Competitive Athletes for Prevention of Sudden Death: Proposal for a Common European Protocol. Consensus Statement of the Study Group of Sport Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology and the Working Group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology ». *European Heart Journal* 26 (5): 516-24.
- Costa, R.J.S., A.H. Smith, S.J. Oliver, R. Walters, N. Maassen, J.L.J. Bilzon, et N.P. Walsh. 2010. « The Effects of Two Nights of Sleep Deprivation with or without Energy Restriction on Immune Indices at Rest and in Response to Cold Exposure ». *European Journal of Applied Physiology* 109 (3): 417-28.
- Costes-Salon, M.C., C. Lafont, Y. Rolland, V. Glorieux, P.H. Dupui, et J.L. Albarède. 1999. « Modifications des stratégies d'équilibration dynamique chez le sujet âgé. » In *Posture et Equilibre*, 111-22. Montpellier: Sauramps Médical.
- Cour des Comptes. 2013. « Sport pour tous et sport de haut niveau: pour une réorientation de l'action de l'État: rapport public thématique, janvier 2013. » Paris: La Documentation française.
- Courteix, D., et G. Ducher. 2013. « Tissu osseux et activités physiques ». In *Médecine du Sport*, 5ème édition. Pour le praticien. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson.
- Courteix, D., E. Lespessailles, C. Jaffre, P. Obert, et C.L. Benhamou. 1999. « Bone Material Acquisition and Somatic Development in Highly Trained Girl Gymnasts ». *Acta Paediatrica (Oslo, Norway: 1992)* 88 (8): 803-8.
- Courteix, D., E. Lespessailles, S.L. Peres, P. Obert, P. Germain, et C.L. Benhamou. 1998. « Effect of Physical Training on Bone Mineral Density in Prepubertal Girls: A Comparative Study

- between Impact-Loading and Non-Impact-Loading Sports ». *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA* 8 (2): 152-58.
- Covington, J.D., J.E. Galgani, C. Moro, J.M. LaGrange, Z. Zhang, A.C. Rustan, E. Ravussin, et S. Bajpeyi. 2014. « Skeletal Muscle Perilipin 3 and Coatomer Proteins Are Increased Following Exercise and Are Associated with Fat Oxidation ». *PLoS One* 9 (3): e91675.
- Cragg, J.J., J.A. Stone, et A.V. Krassioukov. 2012. « Management of Cardiovascular Disease Risk Factors in Individuals with Chronic Spinal Cord Injury: An Evidence-Based Review ». *Journal of Neurotrauma* 29 (11): 1999-2012.
- Craig, C.L., C. Cameron, J.M. Griffiths, et C. Tudor-Locke. 2010a. « Descriptive epidemiology of youth pedometer-determined physical activity: CANPLAY ». *Med Sci Sports Exerc* 42: 1639-43.
- Craig, C.L., C. Tudor-Locke, S. Cragg, et C. Cameron. 2010. « Process and treatment of pedometer data collection for youth: the Canadian Physical Activity Levels among Youth study ». *Med Sci Sports Exerc* 42 (3): 430-35.
- CRÉDOC, AFSSA, J.-L. Volatier, France, et Direction générale de l'alimentation. 2000. « Enquête individuelle et nationale sur les consommations alimentaires (INCA) ». Paris: Ed. Tec & Doc.
- Cristol, C., et C. Bérard. 1998. « Evaluation fonctionnelle de la marche par l'index de dépense énergétique. Valeurs de référence chez l'enfant ». *Réadaptation Méd Phys* 41: 429-33.
- Crocker, P.R., D.A. Bailey, R.A. Faulkner, K.C. Kowalski, et R. McGrath. 1997. « Measuring general levels of physical activity: preliminary evidence for physical activity questionnaire for older children ». *Med Sci Sports Exerc* 29: 1344-49.
- Crouter, S.E., P.L. Schneider, et D.R. Bassett. 2005. « Spring-Levered versus Piezo-Electric Pedometer Accuracy in Overweight and Obese Adults ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 37 (10): 1673-79.
- Cuenca-García, M., F.B. Ortega, J.R. Ruiz, I. Labayen, L.A. Moreno, E. Patterson, G. Vicente-Rodríguez, et al. 2014. « More Physically Active and Leaner Adolescents Have Higher Energy Intake ». *The Journal of Pediatrics* 164 (1): 159-66.
- Cumming, R.G., M.C. Nevitt, et S.R. Cummings. 1997. « Epidemiology of hip fractures ». *Epidemiol. Rev* 19 (2): 244-57.
- Cummings, S.R., M.C. Nevitt, W.S. Browner, K. Stone, K.M. Fox, K.E. Ensrud, J. Cauley, D. Black, et T.M. Vogt. 1995. « Risk Factors for Hip Fracture in White Women. Study of Osteoporotic Fractures Research Group ». *The New England Journal of Medicine* 332 (12): 767-73.
- Cunningham, G.O., et Y.L. Michael. 2004. « Concepts Guiding the Study of the Impact of the Built Environment on Physical Activity for Older Adults: A Review of the Literature ». *American Journal of Health Promotion: AJHP* 18 (6): 435-43.
- Currie, C., C. Zanotti, A. Morgan, D. Currie, M. De Looze, Chris Roberts, O. Samdal, O.R.F. Smith, et V. Barnekow. 2012. « Social determinants of health and well-being among young people. Health Behavior in School-aged Children (HBSC) study: international report from the 2009/2010 survey ». Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- Currie, S., M. Sinclair, M.H. Murphy, E. Madden, L. Dunwoody, et D Liddle. 2013. « Reducing the decline in physical activity during pregnancy: a systematic review of behaviour change interventions ». *PLoS One* 8 (6): e66385.
- Cussler, E.C., T.G. Lohman, S.B. Going, L.B. Houtkooper, L.L. Metcalfe, H.G. Flint-Wagner, R.B. Harris, et P.J. Teixeira. 2003. « Weight Lifted in Strength Training Predicts Bone Change in Postmenopausal Women ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 35 (1): 10-17.
- Cutrufello, P.T., K.W. Rundell, J.M. Smoliga, et G.A. Stylianides. 2011. « Inhaled Whole Exhaust and Its Effect on Exercise Performance and Vascular Function ». *Inhalation Toxicology* 23 (11): 658-67.

- Cyarto, E.V., A.M. Myers, et C. Tudor-Locke. 2004. « Pedometer Accuracy in Nursing Home and Community-Dwelling Older Adults ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 36 (2): 205-9.
- Daan, S., D.G. Beersma, et A.A. Borbély. 1984. « Timing of Human Sleep: Recovery Process Gated by a Circadian Pacemaker ». *The American Journal of Physiology* 246 (2 Pt 2): 161-83.
- Daigle, C.C., D.C. Chalupa, F.R. Gibb, P.E. Morrow, G. Oberdörster, M.J. Utell, et M.W. Frampton. 2003. « Ultrafine Particle Deposition in Humans during Rest and Exercise ». *Inhalation Toxicology* 15 (6): 539-52.
- Dalton, B.H., J.M. Jakobi, B.L. Allman, et C.L. Rice. 2010. « Differential Age-Related Changes in Motor Unit Properties between Elbow Flexors and Extensors ». *Acta Physiologica (Oxford, England)* 200 (1): 45-55.
- Dargent-Molina, P., M.N. Douchin, C. Cormier, P.J. Meunier, G. Bréart, et EPIDOS Study Group. 2002. « Use of Clinical Risk Factors in Elderly Women with Low Bone Mineral Density to Identify Women at Higher Risk of Hip Fracture: The EPIDOS Prospective Study ». *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA* 13 (7): 593-99.
- Dattilo, M., H.K.M. Antunes, A. Medeiros, M. Mônico Neto, H.S. Souza, S. Tufik, et M.T. de Mello. 2011. « Sleep and Muscle Recovery: Endocrinological and Molecular Basis for a New and Promising Hypothesis ». *Medical Hypotheses* 77 (2): 220-22.
- Davenne, D. 1989. « [Current physiologic data on sleep] ». *Comptes rendus rds séances de la société de biologie et de ses filiales* 183 (5): 377-86.
- Davenne, D. 1994. « Rythmes biologiques, sommeil et activités sportives ». In *Médecine du sport pour le praticien*, 385-87. Paris: SIMEP.
- Davenne, D. 2005. « Le sommeil et la récupération ». In *Le sport après 50 ans*, 191-98. Bruxelles: DeBoeck.
- Davenne, D. 2005. « Activités physiques et sommeil ». In *Sommeil: un enjeu de santé publique*, 50-55. Monaco: Alpen.
- Davenne, D., et D. Lagarde. 1995. « Circadian rhythm of vigilance and temperature during 24 hours of continuous and strenuous exercise ». *Medicine and Science Research* 23: 767-70.
- Deans, S., D. Burns, A. McGarry, K. Murray, et N. Mutrie. 2012. « Motivations and Barriers to Prosthesis Users Participation in Physical Activity, Exercise and Sport: A Review of the Literature ». *Prosthetics and Orthotics International* 36 (3): 260-69.
- De Bock, F., J. Menze, S. Becker, D. Litaker, J. Fischer, et I. Seidel. 2010. « Combining accelerometry and HR for assessing preschoolers' physical activity. » *Med Sci Sports Exerc* 42 (12): 2237-43.
- De Cocker, K., E.G. Artero, S. De Henauw, S. Dietrich, F. Gottrand, L. Béghin, M. Hagströmer, et al. 2012. « Can differences in physical activity by socio-economic status in European adolescents be explained by differences in psychosocial correlates? A mediation analysis within the HELENA (Healthy Lifestyle in Europe by Nutrition in Adolescence) study ». *Public Health Nutr* 15 (11): 2100-2109.
- Deere, K., A.Sayers, J. Rittweger, et J.H. Tobias. 2012. « Habitual Levels of High, but Not Moderate or Low, Impact Activity Are Positively Related to Hip BMD and Geometry: Results from a Population-Based Study of Adolescents ». *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 27 (9): 1887-95.
- de Ferranti, S., et S.K. Osganian. 2007. « Epidemiology of paediatric metabolic syndrome and type 2 diabetes mellitus ». *Diabetes Vasc Dis* 4 (4): 285-96.
- Deforche, B., I. De Bourdeaudhuij, A.Tanghe, P. Debode, A.P. Hills, et J. Bouckaert. 2005. « Role

- of Physical Activity and Eating Behaviour in Weight Control after Treatment in Severely Obese Children and Adolescents ». *Acta Paediatrica (Oslo, Norway)* 1992 94 (4): 464-70.
- de Geus, E.J.C., M. Bartels, J. Kaprio, J.T. Lightfoot, et M. Thomis. 2014. « Genetics of Regular Exercise and Sedentary Behaviors ». *Twin Research and Human Genetics: The Official Journal of the International Society for Twin Studies* 17 (4): 262-71.
- de Glisezinski, I., C. Moro, F. Pillard, F. Marion-Latard, I. Harant, M. Meste, M. Berlan, F. Crampes, et D. Rivière. 2003. « Aerobic Training Improves Exercise-Induced Lipolysis in SCAT and Lipid Utilization in Overweight Men ». *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism* 285 (5): 984-90.
- de Hartog, J.J., J.G. Ayres, A. Karakatsani, A. Analitis, H. Ten Brink, K. Hameri, R. Harrison, et al. 2010. « Lung Function and Indicators of Exposure to Indoor and Outdoor Particulate Matter among Asthma and COPD Patients ». *Occupational and Environmental Medicine* 67 (1): 2-10.
- Deighton, K., R.L. Batterham, et D.J. Stensel. 2014. « Appetite and Gut Peptide Responses to Exercise and Calorie Restriction. The Effect of Modest Energy Deficits ». *Appetite* 81 (octobre): 52-59.
- Deighton, K., et D.J. Stensel. 2014. « Creating an Acute Energy Deficit without Stimulating Compensatory Increases in Appetite: Is There an Optimal Exercise Protocol? » *The Proceedings of the Nutrition Society* 73 (2): 352-58.
- de Jonge, S., C. van den Berg, R.J. de Vos, H.J.L. van der Heide, A. Weir, J.a.N. Verhaar, S.M. A. Bierma-Zeinstra, et J.L. Tol. 2011. « Incidence of Midportion Achilles Tendinopathy in the General Population ». *British Journal of Sports Medicine* 45 (13): 1026-28.
- Delvaux, K., J. Lefevre, R. Philippaerts, J. Dequeker, M. Thomis, B. Vanreusel, A. Claessens, B. V. Eynde, G. Beunen, et R. Lysens. 2001. « Bone Mass and Lifetime Physical Activity in Flemish Males: A 27-Year Follow-up Study ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33 (11): 1868-75.
- Demirel, H.A., S. K. Powers, M. A. Zergeroglu, R. A. Shanely, K. Hamilton, J. Coombes, et H. Naito. 2001. « Short-Term Exercise Improves Myocardial Tolerance to in Vivo Ischemia-Reperfusion in the Rat ». *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)* 91 (5): 2205-12.
- de Moraes, A.A.C., H. Barbosa Carvalho, A. Siani, G.Barba, T. Veidebaum, M. Tornaritis, D.Molnar, et al. 2015. « Incidence of High Blood Pressure in Children - Effects of Physical Activity and Sedentary Behaviors: The IDEFICS Study: High Blood Pressure, Lifestyle and Children ». *International Journal of Cardiology* 180 (février): 165-70.
- de Moura, B. P., J. Carlos Bouzas Marins, S. Do Carmo Castro Franceschini, J. Sepúlveda Reis, et P. Roberto Dos Santos Amorim. 2015. « Aerobic Exercise Did Not Have Compensatory Effects on Physical Activity Levels in Type 2 Diabetes Patients ». *Journal of Sports Sciences* 33 (6): 545-51.
- Dencker, M., O. Thorsson, M.K. Karlsson, C. Linden, P. Wollmer, et L.B. Andersen. 2008. « Daily physical activity related to aerobic fitness and body fat in an urban sample of children ». *Scand J Med Sci Sports* 18 (6): 728-35.
- Dengel, D.R., J.M. Hagberg, P.J. Coon, D.T. Drinkwater, et A.P. Goldberg. 1994. « Effects of Weight Loss by Diet Alone or Combined with Aerobic Exercise on Body Composition in Older Obese Men ». *Metabolism: Clinical and Experimental* 43 (7): 867-71.
- de Rezende, L.F.M., M. Rodrigues Lopes, J.P. Rey-López, V. K. Rodrigues Matsudo, et O. do Carmo Luiz. 2014. « Sedentary Behavior and Health Outcomes: An Overview of Systematic Reviews ». *PloS One* 9 (8): e105620.
- Desai, A., V. Goodman, N. Kapadia, B.L. Shay, et T. Szturm. 2010. « Relationship between Dynamic Balance Measures and Functional Performance in Community-Dwelling Elderly People ». *Physical Therapy* 90 (5): 748-60.
- Deslandes, A., H.Moraes, C. Ferreira, H. Veiga, H. Silveira, R. Mouta, F.A.M.S. Pompeu, E. Silva

- Freire Coutinho, et J. Laks. 2009. « Exercise and Mental Health: Many Reasons to Move ». *Neuropsychobiology* 59 (4): 191-98.
- De Souza, M.J., J.C. Arce, L.S. Pescatello, H.S. Scherzer, et A.A. Luciano. 1994. « Gonadal Hormones and Semen Quality in Male Runners. A Volume Threshold Effect of Endurance Training ». *International Journal of Sports Medicine* 15 (7): 383-91.
- Després, J.-P., A. Cartier, M. Côté, et B.J. Arsenault. 2008. « The Concept of Cardiometabolic Risk: Bridging the Fields of Diabetology and Cardiology ». *Annals of Medicine* 40 (7): 514-23.
- Dettoni, J.L., F. Marciano Consolim-Colombo, L.F. Drager, M.C. Rubira, S.B.P. Cavasin de Souza, M.C. Irigoyen, C. Mostarda, et al. 2012. « Cardiovascular Effects of Partial Sleep Deprivation in Healthy Volunteers ». *Journal of Applied Physiology* 113 (2): 232-36.
- de Vet, E., D.T.D. de Ridder, et J.B.F. de Wit. 2011. « Environmental Correlates of Physical Activity and Dietary Behaviours among Young People: A Systematic Review of Reviews ». *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity* 12 (5): 130-42.
- de Vries, N.M., C.D. van Ravensberg, J.S.M. Hobbelen, M.G.M. Olde Rikkert, J.B. Staal, et M.W.G. Nijhuis-van der Sanden. 2012. « Effects of Physical Exercise Therapy on Mobility, Physical Functioning, Physical Activity and Quality of Life in Community-Dwelling Older Adults with Impaired Mobility, Physical Disability And/or Multi-Morbidity: A Meta-Analysis ». *Ageing Research Reviews* 11 (1): 136-49.
- de Vries, S.I., I. Bakker, M. Hopman-Rock, R.A. Hirsing, et W. van Mechelen. 2006. « Clinimetric review of motion sensors in children and adolescents ». *J Clin epidemiol* 59: 670-80.
- de Vries, S.I., H.W. van Hirtum, I. Bakker, M. Hopman-Rock, R.A. Hirsing, et W. van Mechelen. 2009. « Validity and reproducibility of motion sensors in youth: a systematic update ». *Med Sci Sports Exerc* 41 (4): 818-27.
- Diabetes Prevention Program Research Group, W.C. Knowler, S.E. Fowler, R.F. Hamman, C.A. Christophi, H.J. Hoffman, A.T. Brenneman, et al. 2009. « 10-Year Follow-up of Diabetes Incidence and Weight Loss in the Diabetes Prevention Program Outcomes Study ». *Lancet (London, England)* 374 (9702): 1677-86.
- Diener, E., et E. Suh. 1997. « Measuring Quality of Life: Economic, Social, and Subjective Indicators ». *Social Indicators Research* 40 (1-2): 189-216.
- Diez Roux, A.V., L.N. Borrell, M. Haan, S.A. Jackson, et R. Schultz. 2004. « Neighbourhood Environments and Mortality in an Elderly Cohort: Results from the Cardiovascular Health Study ». *Journal of Epidemiology and Community Health* 58 (11): 917-23.
- Diez Roux, A.V., S. Stein Merkin, P. Hannan, D.R. Jacobs, et C.I. Kiefe. 2003. « Area Characteristics, Individual-Level Socioeconomic Indicators, and Smoking in Young Adults: The Coronary Artery Disease Risk Development in Young Adults Study ». *American Journal of Epidemiology* 157 (4): 315-26.
- Dijk, D.-J. 2009. « Regulation and Functional Correlates of Slow Wave Sleep ». *Journal of Clinical Sleep Medicine: JCSM: Official Publication of the American Academy of Sleep Medicine* 5 (2 Suppl): 6-15.
- Dijk, D.-J., J.F. Duffy, et C.A. Czeisler. 2000. « Contribution of Circadian Physiology and Sleep Homeostasis to Age-Related Changes in Human Sleep ». *Chronobiology International* 17 (3): 285-311.
- Ding, D., T. Sugiyama, E. Winkler, E. Cerin, K. Wijndaele, et N. Owen. 2012. « Correlates of Change in Adults' Television Viewing Time: A Four-Year Follow-up Study ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 44 (7): 1287-92.
- Dobbins, M., H. Husson, K. DeCorby, et R.L. LaRocca. 2013. « School-Based Physical Activity Programs for Promoting Physical Activity and Fitness in Children and Adolescents Aged 6 to 18 ». *The Cochrane Database of Systematic Reviews* 2: CD007651.

- Dodd, J.M., D. Turnbull, A.J. McPhee, A.R. Deussen, R.M. Grivell, L.N. Yelland, C.A. Crowther, et al. 2014. « Antenatal Lifestyle Advice for Women Who Are Overweight or Obese: LIMIT Randomised Trial ». *BMJ (Clinical Research Ed.)* 348: 1285.
- Dohin, B., et R. Kohler. 2008. « [Skiing and snowboarding trauma in children: epidemiology, physiopathology, prevention and main injuries] ». *Archives De Pédiatrie: Organe Officiel De La Société Française De Pédiatrie* 15 (11): 1717-23.
- Dohrenwend, B.S., B.P. Dohrenwend, M. Dodson, et P.E. Shrout. 1984. « Symptoms, Hassles, Social Supports, and Life Events: Problem of Confounded Measures ». *Journal of Abnormal Psychology* 93 (2): 222-30.
- Dollman, J., K. Norton, et L. Norton. 2005. « Evidence for Secular Trends in Children's Physical Activity Behaviour ». *British Journal of Sports Medicine* 39 (12): 892-97.
- Dominici, F., R.D. Peng, M.L. Bell, L. Pham, A. McDermott, S.L. Zeger, et J.M. Samet. 2006. « Fine Particulate Air Pollution and Hospital Admission for Cardiovascular and Respiratory Diseases ». *JAMA* 295 (10): 1127-34.
- Donahoo, W.T., J.A. Levine, et E.L. Melanson. 2004. « Variability in Energy Expenditure and Its Components ». *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* 7 (6): 599-605.
- Donnelly, J.E., S.N. Blair, J.M. Jakicic, M.M. Manore, J.W. Rankin, B.K. Smith, et American College of Sports Medicine. 2009. « American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate Physical Activity Intervention Strategies for Weight Loss and Prevention of Weight Regain for Adults ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 41 (2): 459-71.
- Donnelly, J.E., S.D. Herrmann, K. Lambourne, A.N. Szabo, J.J. Honas, et R.A. Washburn. 2014. « Does Increased Exercise or Physical Activity Alter Ad-Libitum Daily Energy Intake or Macronutrient Composition in Healthy Adults? A Systematic Review ». *PLoS One* 9 (1): e83498.
- Doria, E., D. Buonocore, A. Focarelli, et F. Marzatico. 2012. « Relationship between Human Aging Muscle and Oxidative System Pathway ». *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 2012: 830257.
- Downs, D.S., J.M. DiNallo, et T.L. Kirner. 2008. « Determinants of pregnancy and postpartum depression: prospective influences of depressive symptoms, body image satisfaction, and exercise behavior ». *Ann Behav Med* 36 (1): 54-63.
- DREES. 2011. L'état de santé de la population en France - Suivi des objectifs annexés à la loi de santé publique.
- Drenowatz, C., J.C. Eisenmann, K.A. Pfeiffer, G. Welk, K. Heelan, D. Gentile, et D. Walsh. 2010. « Influence of socio-economic status on habitual physical activity and sedentary behavior in 8- to 11-year old children ». *BMC Public Health* 10: 214.
- Driver, H.S., et S.R. Taylor. 2000. « Exercise and Sleep ». *Sleep Medicine Reviews* 4 (4): 387-402.
- Driver, H.S. 1996. « Sleep in Women ». *Journal of Psychosomatic Research* 40 (3): 227-30.
- Driver, H.S., G.G. Rogers, D. Mitchell, S.J. Borrow, M. Allen, H.G. Luus, et C.M. Shapiro. 1994. « Prolonged Endurance Exercise and Sleep Disruption ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 26 (7): 903-7.
- Droomers, M., C.T. Schrijvers, et J.P. Mackenbach. 2001. « Educational level and decreases in leisure time physical activity: predictors from the longitudinal GLOBE study ». *Journal of epidemiology and community health* 55 (8): 562-68.
- Drummond, M.J., M. Miyazaki, H.C. Dreyer, B. Pennings, S. Dhanani, E. Volpi, K.A. Esser, et B.B. Rasmussen. 2009. « Expression of Growth-Related Genes in Young and Older Human Skeletal Muscle Following an Acute Stimulation of Protein Synthesis ». *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)* 106 (4): 1403-11.
- Dubé, J.J., K.F. Allison, V. Rousson, B.H. Goodpaster, et F. Amati. 2012. « Exercise Dose and Insulin Sensitivity: Relevance for Diabetes Prevention ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 44 (5): 793-99.

- Duchateau, J., J.G. Semmler, et R.M. Enoka. 2006. « Training Adaptations in the Behavior of Human Motor Units ». *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)* 101 (6): 1766-75.
- Duclos, M. 2001. « Effets de l'entraînement physique sur les fonctions endocrines ». *Annales d'Endocrinologie* 62 (1): 19-32.
- Duclos, M. 2006. « Sport, hormones and aging ». *Science & Sports* 21: 194-98.
- Duclos, M., et C.-Y. Guezennec. 2005. « Activité physique et fonction de reproduction ». *Médecine Thérapeutique / médecine de la reproduction* 7 (4): 256-66.
- Duclos, M., J.B. Corcuff, M. Rashedi, V. Fougere, et G. Manier. 1996. « Does Functional Alteration of the Gonadotropic Axis Occur in Endurance Trained Athletes during and after Exercise? A Preliminary Study ». *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 73 (5): 427-33.
- Duclos, M., J.-M. Oppert, B. Verges, V. Coliche, J.-F. Gautier, Y. Guezennec, G. Reach, G. Strauch, et SFD diabetes and physical activity working group. 2013. « Physical Activity and Type 2 Diabetes. Recommendations of the SFD (Francophone Diabetes Society) Diabetes and Physical Activity Working Group ». *Diabetes & Metabolism* 39 (3): 205-16.
- Duncan, C.S., C.J.R. Blimkie, C.T. Cowell, S.T. Burke, J.N. Briody, et R. Howman-Giles. 2002. « Bone Mineral Density in Adolescent Female Athletes: Relationship to Exercise Type and Muscle Strength ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 34 (2): 286-94.
- Duncan, J. S., H.M. Badland, et G. Schofield. 2009. « Combining GPS with heart rate monitoring to measure physical activity in children: A feasibility study ». *J Sci Med Sport* 12 (5): 583-85.
- Duncan, J.S., G. Schofield, et E.K. Duncan. 2007. « Step count recommendations for children based on body fat ». *Prev Med* 44: 42-44.
- Duncan, M.J., J.C. Spence, et W.K. Mummery. 2005. « Perceived Environment and Physical Activity: A Meta-Analysis of Selected Environmental Characteristics ». *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 2 (septembre): 11.
- Duncan, M., et W. Mummery. 2007. « GIS or GPS? A comparison of the two methods for assessing route taken during active transport ». *Am J Prev Med* 33 (1): 51-53.
- Dunton, G.F., A.A. Atienza, C.M. Castro, et A.C. King. 2009. « Using Ecological Momentary Assessment to Examine Antecedents and Correlates of Physical Activity Bouts in Adults Age 50+ Years: A Pilot Study ». *Annals of Behavioral Medicine: A Publication of the Society of Behavioral Medicine* 38 (3): 249-55.
- Dupuy, C., V. Lauwers-Cances, S.Guyonnet, C. Gentil, G. Abellan Van Kan, O. Beauchet, A.-M. Schott, B. Vellas, et Y. Rolland. 2015. « Searching for a Relevant Definition of Sarcopenia: Results from the Cross-Sectional EPIDOS Study ». *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle* 6 (2): 144-54.
- Durak, E.P., L. Jovanovic-Peterson, et C M Peterson. 1990. « Comparative evaluation of uterine response to exercise on five aerobic machines ». *Am J Obstet Gynecol* 162: 754-56.
- DuRant, R.H., T. Baranowski, H. Davis, T. Rhodes, W.O. Thompson, K.A. Greaves, et J. Puhl. 1993a. « Reliability and variability of indicators of heart-rate monitoring in children ». *Med Sci Sports Exerc* 25 (3): 389-95.
- DuRant, R.H., T. Baranowski, H. Davis, W.O. Thompson, J. Puhl, K.A. Greaves, et T. Rhodes. 1992. « Reliability and variability of heart rate monitoring in 3-, 4-, or 5-yr-old children ». *Med Sci Sports Exerc* 24 (2): 265-71.
- DuRant, R.H., T. Baranowski, J. Puhl, T. Rhodes, H. Davis, K. Greaves, et W.O. Thompson. 1993b. « Evaluation of the children's activity rating scale (SCARS) in young children ». *Med Sci Sports Exerc* 25 (12): 1415-21.
- Durstine, J.L., B. Gordon, Z. Wang, et X. Luo. 2013. « Chronic disease and the link to physical activity ». *Journal of Sport and Health Science, Children's Physical Activity and Health: Chronic disease in children and young adults*, 2 (1): 3-11.

- Dworak, M., A. Wiater, D. Alfer, E. Stephan, W. Hollmann, et H.K. Strüder. 2008. « Increased Slow Wave Sleep and Reduced Stage 2 Sleep in Children Depending on Exercise Intensity ». *Sleep Medicine* 9 (3): 266-72.
- Dyson, K., C.J. Blimkie, K.S. Davison, C.E. Webber, et J.D. Adachi. 1997. « Gymnastic Training and Bone Density in Pre-Adolescent Females ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 29 (4): 443-50.
- Eastell, R., et B.L. Riggs. 1988. « Diagnostic Evaluation of Osteoporosis ». *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America* 17 (3): 547-71.
- Eastman, C.I., E.K. Hoese, S.D. Youngstedt, et L. Liu. 1995. « Phase-Shifting Human Circadian Rhythms with Exercise during the Night Shift ». *Physiology & Behavior* 58 (6): 1287-91.
- Eckstein, F., B. Lemberger, C. Gratzke, M. Hudelmaier, C. Glaser, K.-H. Englmeier, et M. Reiser. 2005. « In Vivo Cartilage Deformation after Different Types of Activity and Its Dependence on Physical Training Status ». *Annals of the Rheumatic Diseases* 64 (2): 291-95.
- Edinger, J.D., M.C. Morey, R.J. Sullivan, M.B. Higginbotham, G.R. Marsh, D.S. Dailey, et W.V. McCall. 1993. « Aerobic Fitness, Acute Exercise and Sleep in Older Men ». *Sleep* 16 (4): 351-59.
- Edwards, N.M., P.R. Khoury, H.J. Kalkwarf, J.G. Woo, R.P. Claytor, et S.R. Daniels. 2013. « Tracking of Accelerometer-Measured Physical Activity in Early Childhood ». *Pediatric Exercise Science* 25 (3): 487-501.
- Edwardson, C.L., et T.Gorely. 2010. « Parental influences on different types and intensities of physical activity in youth: A systematic review ». *Psychology of Sport and Exercise* 11 (6): 522-35.
- Eggermont, L., D. Swaab, P. Luiten, et E. Scherder. 2006. « Exercise, Cognition and Alzheimer's Disease: More Is Not Necessarily Better ». *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 30 (4): 562-75.
- Eheman, C., S.J. Henley, R. Ballard-Barbash, E.J. Jacobs, M.J. Schymura, A.-M. Noone, L.Pan, et al. 2012. « Annual Report to the Nation on the Status of Cancer, 1975-2008, Featuring Cancers Associated with Excess Weight and Lack of Sufficient Physical Activity ». *Cancer* 118 (9): 2338-66.
- Eime, R. M., J.A. Young, J.T. Harvey, M.J. Charity, et W.R. Payne. 2013. « A Systematic Review of the Psychological and Social Benefits of Participation in Sport for Adults: Informing Development of a Conceptual Model of Health through Sport ». *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 10: 135.
- Eisenmann, J.C., G.J. Welk, M. Ihmels, et J.Dollman. 2007. « Fatness, fitness, and cardiovascular disease risk factors in children and adolescents ». *Med Sci Sports Exerc* 39 (8): 1251-56.
- Eisenmann, J.C., K.D. DuBose, et J.E. Donnelly. 2007. « Fatness, Fitness, and Insulin Sensitivity among 7- to 9-Year-Old Children ». *Obesity (Silver Spring, Md.)* 15 (8): 2135-44.
- Eklblom, O., G. Nyberg, E. Eklblom Bak, U. Ekelund, et C. Marcus. 2012. « Validity and Comparability of a Wrist-Worn Accelerometer in Children ». *J Phys Act Health* 9 (3): 389-93.
- Ekeland, E., F. Heian, et K. B. Hagen. 2005. « Can Exercise Improve Self Esteem in Children and Young People? A Systematic Review of Randomised Controlled Trials ». *British Journal of Sports Medicine* 39 (11): 792-98; discussion 792-98.
- Ekelund, U., S.A. Anderssen, K. Froberg, L.B. Sardinha, L.-B. Andersen, et S. Brage. 2007. « Independent associations of physical activity and cardiorespiratory fitness with metabolic risk factors in children: the European youth heart study ». *Diabetologia* 50 (9): 1832-40.
- Ekelund, U., S. Anderssen, L.-B. Andersen, C. Riddoch, L.B. Sardinha, J. Luan, K. Froberg, et S. Brage. 2009. « Prevalence and correlates of the metabolic syndrome in a population-based sample of European youth ». *Am J Clin Nutr* 89: 90-96.
- Ekelund, U., M. Neovius, Y. Linne, et S. Rossner. 2006. « The criterion validity of a last 7-day

- physical activity questionnaire (SAPAQ) for use in adolescents with a wide variation in body fat: the Stockholm Weight Development Study ». *Int J Obes.(Lond.)* 30 (6): 1019-21.
- Ekelund, U., E. Poortvliet, A. Nilsson, A. Yngve, A. Holmberg, et M. Sjöström. 2001a. « Physical activity in relation to aerobic fitness and body fat in 14- to 15-year-old boys and girls ». *Eur J Appl Physiol* 85 (3-4): 195-201.
- Ekelund, U., E. Poortvliet, A. Yngve, A. Hurtig-Wennlöv, A. Nilsson, et M. Sjöström. 2001b. « Heart rate as an indicator of the intensity of physical activity in human adolescents ». *Eur J Appl Physiol* 85 (3-4): 244-49.
- Ekelund, U., M. Sjöström, A. Ingve, E. Poortvliet, A. Nilsson, K. Froberg, N. Wedderkopp, et K. Westerterp. 2001c. « Physical activity assessed by activity monitor and doubly labeled water in children ». *Med Sci Sports Exerc* 33 (2): 275-81.
- Ekelund, U., G. Tomkinson, et N. Armstrong. 2011. « What proportion of youth are physically active? Measurement issues, levels and recent time trends ». *Br J Sports Med* 45 (11): 859-65.
- Ekstrand, J., M. Hägglund, et M. Waldén. 2011. « Epidemiology of Muscle Injuries in Professional Football (soccer) ». *The American Journal of Sports Medicine* 39 (6): 1226-32.
- Eliakim, A., D. Nemet, Y. Balakirski, et Y. Epstein. 2007. « The Effects of Nutritional-Physical Activity School-Based Intervention on Fatness and Fitness in Preschool Children ». *Journal of Pediatric Endocrinology & Metabolism: JPEM* 20 (6): 711-18.
- El-Khoury, F., B. Cassou, M.-A. Charles, et P. Dargent-Molina. 2013. « The Effect of Fall Prevention Exercise Programmes on Fall Induced Injuries in Community Dwelling Older Adults: Systematic Review and Meta-Analysis of Randomised Controlled Trials ». *BMJ (Clinical Research Ed.)* 347: 6234.
- Ells, L.J., R. Lang, J.P.H. Shield, J.R. Wilkinson, J.S.M. Lidstone, S.Coulton, et C.D. Summerbell. 2006. « Obesity and Disability - a Short Review ». *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity* 7 (4): 341-45.
- Emery, C.A., J.D. Cassidy, T.P. Klassen, R.J. Rosychuk, et B.H. Rowe. 2005. « Effectiveness of a Home-Based Balance-Training Program in Reducing Sports-Related Injuries among Healthy Adolescents: A Cluster Randomized Controlled Trial ». *CMAJ: Canadian Medical Association Journal = Journal de l'Association Médicale Canadienne* 172 (6): 749-54.
- Empana, J.-P., K. Bean, C. Guibout, F. Thomas, A. Bingham, B. Pannier, P. Boutouyrie, X. Jouven, et PPS3 Study Group. 2011. « Paris Prospective Study III: A Study of Novel Heart Rate Parameters, Baroreflex Sensitivity and Risk of Sudden Death ». *European Journal of Epidemiology* 26 (11): 887-92.
- Enevoldsen, L.H., B. Stallknecht, J.D. Fluckey, et H. Galbo. 2000. « Effect of Exercise Training on in Vivo Lipolysis in Intra-Abdominal Adipose Tissue in Rats ». *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism* 279 (3): 585-92.
- Engberg, E., M. Alen, K. Kukkonen-Harjula, J.E. Peltonen, H.O. Tikkanen, et H. Pekkarinen. 2012. « Life events and change in leisure time physical activity: a systematic review ». *Sports Med* 42: 433-47.
- Englert, S., et M. Linden. 1998. « Differences in Self-Reported Sleep Complaints in Elderly Persons Living in the Community Who Do or Do Not Take Sleep Medication ». *The Journal of Clinical Psychiatry* 59 (3): 137-44.
- Englund, U., H. Littbrand, A. Sondell, U. Pettersson, et G. Bucht. 2005. « A 1-year combined weight-bearing training program is beneficial for bone mineral density and neuromuscular function in older women ». *Osteoporos.Int.* 16 (9): 1117-23.
- Epstein, L.H., R.A. Paluch, A. Consalvi, K. Riordan, et T. Scholl. 2002. « Effects of Manipulating Sedentary Behavior on Physical Activity and Food Intake ». *The Journal of Pediatrics* 140 (3): 334-39.
- Epstein, L.H., R.A. Paluch, L.E. Kalakanis, G.S. Goldfield, F.J. Cerny, et J.N. Roemmich. 2001. « How much activity do youth get? A quantitative review of heart-rate measured activity ».

- Pediatrics* 108 (3): 44.
- Epstein, L.H., et R.R. Wing. 1980. « Aerobic Exercise and Weight ». *Addictive Behaviors* 5 (4): 371-88.
- Erdmann, J., R. Tahbaz, F. Lippl, S. Wagenpfeil, et V. Schusdziarra. 2007. « Plasma Ghrelin Levels during Exercise - Effects of Intensity and Duration ». *Regulatory Peptides* 143 (1-3): 127-35.
- Erickson, K.I., C.A. Raji, O.L. Lopez, J.T. Becker, C. Rosano, A.B. Newman, H.M. Gach, P.M. Thompson, A.J. Ho, et L.H. Kuller. 2010. « Physical Activity Predicts Gray Matter Volume in Late Adulthood: The Cardiovascular Health Study ». *Neurology* 75 (16): 1415-22.
- Erickson, K.I., M.W. Voss, R.S. Prakash, C. Basak, A. Szabo, L. Chaddock, J.S. Kim, et al. 2011. « Exercise Training Increases Size of Hippocampus and Improves Memory ». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108 (7): 3017-22.
- Eriksson, K. F., et F. Lindgärde. 1991. « Prevention of Type 2 (non-Insulin-Dependent) Diabetes Mellitus by Diet and Physical Exercise. The 6-Year Malmö Feasibility Study ». *Diabetologia* 34 (12): 891-98.
- Erixon-Lindroth, N., L. Farde, T.-B. R. Wahlin, J. Sovago, C. Halldin, et L. Bäckman. 2005. « The Role of the Striatal Dopamine Transporter in Cognitive Aging ». *Psychiatry Research* 138 (1): 1-12.
- Erlandson, M.C., L.B. Sherar, R.L. Mirwald, N. Maffulli, et A.D.G. Baxter-Jones. 2008. « Growth and Maturation of Adolescent Female Gymnasts, Swimmers, and Tennis Players ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 40 (1): 34-42.
- Escalon, H., C. Bossard, F. Beck, R. Bachelot-Narquin, et INPES. 2009. *Baromètre santé nutrition 2008*. Baromètres santé. Saint-Denis: INPES.
- Escalon, H., A. Vuillemin, M. L. Erpelding, et J. M. Oppert. 2007. « Activité physique : entre sport et sédentarité ». In *Baromètre santé 2005*, 241-66. Baromètres santé. Paris: INPES.
- Escames, G., G. Ozturk, B. Baño-Otálora, M.J. Pozo, J.A. Madrid, R.J. Reiter, E. Serrano, Melquiades Concepción, et Dario Acuña-Castroviejo. 2012. « Exercise and Melatonin in Humans: Reciprocal Benefits ». *Journal of Pineal Research* 52 (1): 1-11.
- European Agency for Safety and Health at Work. 2002. Prevention of psychosocial risks and stress at work in practice. Edited by Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg.
- Evans, F.J., M.R. Cook, H.D. Cohen, E.C. Orne, et M.T. Orne. 1977. « Appetitive and Replacement Naps: EEG and Behavior ». *Science (New York, N.Y.)* 197 (4304): 687-89.
- Evenson, K.R., D.J. Catellier, K. Gill, K.S. Ondrak, et R.G. McMurray. 2008. « Calibration of two objective measures of physical activity for children ». *J Sports Sci* 26 (14): 1557-65.
- Evenson, K.R., A.H. Herring, et F. Wen. 2012. « Self-Reported and objectively measured physical activity among a cohort of postpartum women: the PIN Postpartum Study ». *J Phys Act Health* 9 (1): 5-20.
- Evenson, K.R., M.M. Scott, D. Cohen, et C.C. Voorhees. 2007. « Girls' perception of neighborhood factors on physical activity, sedentary behavior, and BMI ». *Obesity* 15 (2): 430-45.
- Everson, C.A., et W.R. Crowley. 2004. « Reductions in Circulating Anabolic Hormones Induced by Sustained Sleep Deprivation in Rats ». *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism* 286 (6): 1060-70.
- Fagard, R.H. 2001. « Exercise Characteristics and the Blood Pressure Response to Dynamic Physical Training ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33 (6 Suppl): 484-92.
- Fagher, K., et J. Lexell. 2014. « Sports-Related Injuries in Athletes with Disabilities ». *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 24 (5): 320-31.
- Falgairette, G., O. Gavarry, T. Bernard, et M. Hebbelinck. 1996. « Evaluation of habitual physical activity from a week's heart rate monitoring in French school children ». *Eur J Appl Physiol* 74: 153-61.

- Falvo, M.J., B.K. Schilling, et G.M. Earhart. 2008. « Parkinson's Disease and Resistive Exercise: Rationale, Review, and Recommendations ». *Movement Disorders: Official Journal of the Movement Disorder Society* 23 (1): 1-11.
- Fanelli, A., A.L. Barros Cabral, J.A. Neder, M. A. Martins, et C.R. Fernandes Carvalho. 2007. « Exercise Training on Disease Control and Quality of Life in Asthmatic Children ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 39 (9): 1474-80.
- Fédération Française de Retraite Sportive. 2013. « Analyse de l'accidentologie des pratiques sportives pour les seniors. »
- Fedewa, A.L., et S. Ahn. 2011. « The Effects of Physical Activity and Physical Fitness on Children's Achievement and Cognitive Outcomes: A Meta-Analysis ». *Research Quarterly for Exercise and Sport* 82 (3): 521-35.
- Fedewa, M.V., N.H. Gist, E.M. Evans, et R.K. Dishman. 2014. « Exercise and Insulin Resistance in Youth: A Meta-Analysis ». *Pediatrics* 133 (1): 163-74.
- Fekete, C., et A. Rauch. 2012. « Correlates and Determinants of Physical Activity in Persons with Spinal Cord Injury: A Review Using the International Classification of Functioning, Disability and Health as Reference Framework ». *Disability and Health Journal* 5 (3): 140-50.
- Felson, D.T., J. Niu, M. Clancy, P. Aliabadi, B. Sack, A. Guermazi, D.J. Hunter, Shreyasee Amin, Gail Rogers, et Sarah L. Booth. 2007. « Low Levels of Vitamin D and Worsening of Knee Osteoarthritis: Results of Two Longitudinal Studies ». *Arthritis and Rheumatism* 56 (1): 129-36.
- Ferrara, M.S., and W.E. Buckley. 1996. "Athletes with disabilities injury registry." *Adapt Phys Act Q* 13 (1):50-60.
- Ferrara, M., et L. De Gennaro. 2001. « How Much Sleep Do We Need ? » *Sleep Medicine Reviews* 5 (2): 155-79.
- Ferrara, M.S., et C.L. Peterson. 2000. « Injuries to Athletes with Disabilities: Identifying Injury Patterns ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 30 (2): 137-43.
- Feskanich, D., V. Singh, W.C. Willett, et G.A. Colditz. 2002. « Vitamin A Intake and Hip Fractures among Postmenopausal Women ». *JAMA* 287 (1): 47-54.
- Fetveit, A. 2009. « Late-Life Insomnia: A Review ». *Geriatrics & Gerontology International* 9 (3): 220-34.
- Fiatarone, M.A., E.C. Marks, N.D. Ryan, C.N. Meredith, L.A. Lipsitz, et W.J. Evans. 1990. « High-intensity strength training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle ». *JAMA* 263 (22): 3029-34.
- Fiatarone, M.A., E.F. O'Neill, N.D. Ryan, K.M. Clements, G.R. Solares, M.E. Nelson, S.B. Roberts, J.J. Kehayias, L.A. Lipsitz, et W.J. Evans. 1994. « Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people ». *N.Engl.J Med* 330 (25): 1769-75.
- Field, A.E., P. Aneja, et B. Rosner. 2007. « The Validity of Self-Reported Weight Change among Adolescents and Young Adults ». *Obesity (Silver Spring, Md.)* 15 (9): 2357-64.
- Fields, K.B., M. Delaney, et J.S. Hinkle. 1990. « A Prospective Study of Type A Behavior and Running Injuries ». *The Journal of Family Practice* 30 (4): 425-29.
- Field, T., M. Diego, J. Delgado, et L. Medina. 2013. « Yoga and Social Support Reduce Prenatal Depression, Anxiety and Cortisol ». *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 17 (4): 397-403.
- Filhol, G., P. Bernard, X. Quantin, C. Espian-Marcais, et G. Ninot. 2014. « [International recommendations on physical exercise for pregnant women] ». *Gynécologie, Obstétrique & Fertilité* 42 (12): 856-60.
- Finch, C.F., P. White, R. Dennis, D. Twomey, et A. Hayen. 2010. « Fielders and Batters Are Injured Too: A Prospective Cohort Study of Injuries in Junior Club Cricket ». *Journal of*

- Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia* 13 (5): 489-95.
- Finch, C., R. Braham, A. McIntosh, P. McCrory, et R. Wolfe. 2005. « Should Football Players Wear Custom Fitted Mouthguards? Results from a Group Randomised Controlled Trial ». *Injury Prevention: Journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention* 11 (4): 242-46.
- Finch, C., et E. Cassell. 2006. « The Public Health Impact of Injury during Sport and Active Recreation ». *J Sci Med Sport* 9 (6): 490-97.
- Finestone, A., V. Novack, A. Farfel, A. Berg, H. Amir, et C. Milgrom. 2004. « A Prospective Study of the Effect of Foot Orthoses Composition and Fabrication on Comfort and the Incidence of Overuse Injuries ». *Foot & Ankle International* 25 (7): 462-66.
- Fisher, A., J.J. Reilly, A. Kelly, C. Montgomery, A. Williamson, Y. Paton, et S. Grant. 2004. « Fundamental movement skills and habitual physical activity in young children ». *Med Sci Sports Exerc* 37 (4): 684-88.
- Fitzgibbon, M.L., M.R. Stolley, L.Schiffer, L. van Horn, K. KauferChristoffel, et A. Dyer. 2005. « Two-Year Follow-up Results for Hip-Hop to Health Jr.: A Randomized Controlled Trial for Overweight Prevention in Preschool Minority Children ». *The Journal of Pediatrics* 146 (5): 618-25.
- Flamer, H.E. 1996. « Sleep Disorders in the Elderly ». *Australian and New Zealand Journal of Medicine* 26 (1): 96-104.
- Fleck, S.J., et W.J. Kraemer. 1997. *Designing resistance training programs*. Champaign: Human kinetics.
- Flint, J., S.V. Kothare, M. Zihlif, E. Suarez, R. Adams, A. Legido, et F. De Luca. 2007. « Association between Inadequate Sleep and Insulin Resistance in Obese Children ». *The Journal of Pediatrics* 150 (4): 364-69.
- Fogelholm, M. 2010. « Physical Activity, Fitness and Fatness: Relations to Mortality, Morbidity and Disease Risk Factors. A Systematic Review ». *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity* 11 (3): 202-21.
- Foley, D., S. Ancoli-Israel, P. Britz, et J. Walsh. 2004. « Sleep Disturbances and Chronic Disease in Older Adults: Results of the 2003 National Sleep Foundation Sleep in America Survey ». *Journal of Psychosomatic Research* 56 (5): 497-502.
- Foley, D.J., A.A. Monjan, S.L. Brown, E.M. Simonsick, R.B. Wallace, et D.G. Blazer. 1995. « Sleep Complaints among Elderly Persons: An Epidemiologic Study of Three Communities ». *Sleep* 18 (6): 425-32.
- Folkard, S. 1990. « Circadian Performance Rhythms: Some Practical and Theoretical Implications ». *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 327 (1241): 543-53.
- Ford, E.S., et C.J. Caspersen. 2012. « Sedentary Behaviour and Cardiovascular Disease: A Review of Prospective Studies ». *International Journal of Epidemiology* 41 (5): 1338-53.
- Ford, E.S., G. Zhao, et C. Li. 2010. « Pre-Diabetes and the Risk for Cardiovascular Disease: A Systematic Review of the Evidence ». *Journal of the American College of Cardiology* 55 (13): 1310-17.
- Forsén, L., N. Waaler Loland, A. Vuillemin, M.J.M. Chinapaw, M.N.M. van Poppel, L.B. Mokkink, W. van Mechelen, et C.B. Terwee. 2010. « Self-Administered Physical Activity Questionnaires for the Elderly: A Systematic Review of Measurement Properties ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 40 (7): 601-23.
- Foulon, B.L., V. Lemay, V. Ainsworth, et K.A. Martin Ginis. 2012. « Enhancing Physical Activity Guidelines: A Needs Survey of Adults with Spinal Cord Injury and Health Care Professionals ». *Adapted Physical Activity Quarterly: APAQ* 29 (4): 329-45.
- Fradkin, A.J., B.J. Gabbe, et P.A. Cameron. 2006. « Does Warming up Prevent Injury in Sport? The Evidence from Randomised Controlled Trials? » *Journal of Science and Medicine in*

Sport / Sports Medicine Australia 9 (3): 214-20.

- Franco, M.R., A. Tong, K. Howard, C. Sherrington, P.H. Ferreira, R.Z. Pinto, et M.L. Ferreira. 2015. « Older People's Perspectives on Participation in Physical Activity: A Systematic Review and Thematic Synthesis of Qualitative Literature ». *British Journal of Sports Medicine* 49 (19): 1268-76.
- Franklyn-Miller, A., C. Wilson, J. Bilzon, and P. McCrory. 2011. "Foot orthoses in the prevention of injury in initial military training. A randomized controlled trial." *Am J Sports Med* 39 (1):30-7.
- Frasier, C.R., R.C. Sloan, P.A. Bostian, M.D. Gonzon, J. Kurowicki, S.J. Lopresto, E.J. Anderson, et D.A. Brown. 2011. « Short-Term Exercise Preserves Myocardial Glutathione and Decreases Arrhythmias after Thiol Oxidation and Ischemia in Isolated Rat Hearts ». *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)* 111 (6): 1751-59.
- Freedson, P., H.R. Bowles, R. Troiano, et W. Haskell. 2012. « Assessment of Physical Activity Using Wearable Monitors: Recommendations for Monitor Calibration and Use in the Field ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 44 (1 Suppl 1): 1-4.
- Freedson, P.S., J. Sirard, E. Debold, R.R. Pate, M Dowda, S. Trost, et J.F. Sallis. 1997a. « Calibration of the Computer Science and Applications, Inc. (CSA) Accelerometer ». *Med Sci Sports Exerc* 29 (Suppl): 45.
- Freedson, P.S., N. Sirard, N. Debold, et al. 1997b. « Validity of two physical activity monitors in children and adolescents. » In *Children and exercise XIX*, édité par N Armstrong, B Kirby, et J Welsman, 127-31. London: E and FN.
- Frémeaux, A.E., K.M. Mallam, B.S. Metcalf, J. Hosking, L.D. Voss, et T.J. Wilkin. 2011. « The Impact of School-Time Activity on Total Physical Activity: The Activitystat Hypothesis (EarlyBird 46) ». *International Journal of Obesity (2005)* 35 (10): 1277-83.
- Frey, D.J., M. Fleshner, et K.P. Wright. 2007. « The Effects of 40 Hours of Total Sleep Deprivation on Inflammatory Markers in Healthy Young Adults ». *Brain, Behavior, and Immunity* 21 (8): 1050-57.
- Friedemann, C., C. Heneghan, K. Mahtani, M. Thompson, R. Perera, et A.M. Ward. 2012. « Cardiovascular Disease Risk in Healthy Children and Its Association with Body Mass Index: Systematic Review and Meta-Analysis ». *BMJ (Clinical Research Ed.)* 345: e4759.
- Friedenreich, C.M. 2011. « Physical Activity and Breast Cancer: Review of the Epidemiologic Evidence and Biologic Mechanisms ». *Recent Results in Cancer Research. Fortschritte Der Krebsforschung. Progrès Dans Les Recherches Sur Le Cancer* 188: 125-39.
- Friedenreich, C.M., H.K. Neilson, et B.M. Lynch. 2010. « State of the Epidemiological Evidence on Physical Activity and Cancer Prevention ». *European Journal of Cancer (Oxford, England: 1990)* 46 (14): 2593-2604.
- Friedenreich, C., T. Norat, K. Steindorf, M.-C. Boutron-Ruault, T. Pischon, M. Mazuir, F Clavel-Chapelon, et al. 2006. « Physical Activity and Risk of Colon and Rectal Cancers: The European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition ». *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention: A Publication of the American Association for Cancer Research, Cosponsored by the American Society of Preventive Oncology* 15 (12): 2398-2407.
- Friedland, R.P., T. Fritsch, K.A. Smyth, E. Koss, A.J. Lerner, C.H. Chen, G.J. Petot, et S.M. Debanne. 2001. « Patients with Alzheimer's Disease Have Reduced Activities in Midlife Compared with Healthy Control-Group Members ». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 98 (6): 3440-45.
- Friedman, J.M., et J.L. Halaas. 1998. « Leptin and the Regulation of Body Weight in Mammals ». *Nature* 395 (6704): 763-70.
- Frischknecht, R. 1998. « Effect of Training on Muscle Strength and Motor Function in the Elderly ». *Reproduction, Nutrition, Development* 38 (2): 167-74.
- Froehlich-Grobe, K., et D. Lollar. 2011. « Obesity and Disability: Time to Act ». *American Journal of Preventive Medicine* 41 (5): 541-45.

- Frontera, W.R., et X. Bigard. 2002. « The benefits of strength training in the elderly ». *Science & Sports* 17 (3): 109-16.
- Frontera, W.R., V.A. Hughes, R.A. Fielding, M.A. Fiatarone, W.J. Evans, et R. Roubenoff. 2000. « Aging of Skeletal Muscle: A 12-Yr Longitudinal Study ». *Journal of Applied Physiology* 88 (4): 1321-26.
- Frontera, W.R., C.N. Meredith, K.P. O'Reilly, H.G. Knuttgen, et W.J. Evans. 1988. « Strength Conditioning in Older Men: Skeletal Muscle Hypertrophy and Improved Function ». *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)* 64 (3): 1038-44.
- Frontera, W.R., D. Suh, L.S. Krivickas, V.A. Hughes, R. Goldstein, et R. Roubenoff. 2000. « Skeletal Muscle Fiber Quality in Older Men and Women ». *American Journal of Physiology. Cell Physiology* 279 (3): 611-18.
- Frost, H.M. 1987. « Bone "Mass" and the "Mechanostat": A Proposal ». *The Anatomical Record* 219 (1): 1-9.
- Frost, H.M., J.L. Ferretti, et W.S. Jee. 1998. « Perspectives: Some Roles of Mechanical Usage, Muscle Strength, and the Mechanostat in Skeletal Physiology, Disease, and Research ». *Calcified Tissue International* 62 (1): 1-7.
- Fuchs, R.K., J.J. Bauer, et C.M. Snow. 2001. « Jumping Improves Hip and Lumbar Spine Bone Mass in Prepubescent Children: A Randomized Controlled Trial ». *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 16 (1): 148-56.
- Fuchs, R., K.E. Powell, N.K. Semmer, J.H. Dwyer, P. Lipper, et H. Hoffmeister. 1988. « Patterns of physical activity among german adolescents: The Belin-Bremen Study ». *Prev Med* 17: 746-63.
- Fuller, P.M., J.J. Gooley, et C.B. Saper. 2006. « Neurobiology of the Sleep-Wake Cycle: Sleep Architecture, Circadian Regulation, and Regulatory Feedback ». *Journal of Biological Rhythms* 21 (6): 482-93.
- Fulton, J.E., S. Dai, L.M. Steffen, J.A. Grunbaum, S.M. Shah, et D.R. Labarthe. 2009. « Physical Activity, Energy Intake, Sedentary Behavior, and Adiposity in Youth ». *American Journal of Preventive Medicine* 37 (1 Suppl): 40-49.
- Gabbe, B.J., C.F. Finch, P.A. Cameron, et O.D. Williamson. 2005. « Incidence of Serious Injury and Death during Sport and Recreation Activities in Victoria, Australia ». *British Journal of Sports Medicine* 39 (8): 573-77.
- Gaffin, S L, and R W Hubbard. 2002. Medicals aspects of harsh environments: Pathophysiology of heatstroke. Vol. 1, Textbooks of military medicine. U.S. Army: Office of the Surgeon General.
- Gaillard, J.-M. 1990. *Le sommeil: ses mécanismes et ses troubles*. Paris, France: Doin.
- Gallagher, D., A.J. Kovera, G. Clay-Williams, D. Agin, P. Leone, J. Albu, D.E. Matthews, et S.B. Heymsfield. 2000. « Weight Loss in Postmenopausal Obesity: No Adverse Alterations in Body Composition and Protein Metabolism ». *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism* 279 (1): 124-31.
- Gallanagh, S., T.J. Quinn, J. Alexander, et M.R. Walters. 2011. « Physical Activity in the Prevention and Treatment of Stroke ». *ISRN Neurology* 2011: 953818.
- Galparoli, M., et P. Laure. 1999. « L'inaptitude à la pratique de l'éducation physique et sportive. Étude dans une cité scolaire de 2300 élèves ». *Science & Sports* 14 (2): 101-3.
- Gambert, P., et J. Bonneau. 2010. « Etre professeur d'éducation physique et sportive en 2009. Interrogation réalisée en mai-juin 2009 auprès de 900 professeurs d'éducation physique et sportive dans les collèges et lycées publics. » *Les dossiers. Enseignants et personnels de l'éducation*. 195: 146 p.
- Gao, H.-M., et J.-S. Hong. 2011. « Gene-Environment Interactions: Key to Unraveling the Mystery of Parkinson's Disease ». *Progress in Neurobiology* 94 (1): 1-19.

- García-Artero, E., F.B. Ortega, J.R. Ruiz, J.L. Mesa, M. Delgado, M. González-Gross, M. García-Fuentes, G. Vicente-Rodríguez, A. Gutiérrez, et M. J. Castillo. 2007. « [Lipid and metabolic profiles in adolescents are affected more by physical fitness than physical activity (AVENA study)] ». *Revista española de cardiología* 60 (6): 581-88.
- García-Aymerich, J., P. Lange, M. Benet, P. Schnohr, et J.M. Antó. 2007. « Regular Physical Activity Modifies Smoking-Related Lung Function Decline and Reduces Risk of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Population-Based Cohort Study ». *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 175 (5): 458-63.
- Gardiner, P.A., B.K. Clark, G.N. Healy, E.G. Eakin, E.A.H. Winkler, et N. Owen. 2011. « Measuring Older Adults' Sedentary Time: Reliability, Validity, and Responsiveness ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 43 (11): 2127-33.
- Garma, L., G. Bouard, et O. Benoit. 1981. « [Age and insomnia: the number and length of waking periods] ». *Revue d'électroencéphalographie et de neurophysiologie clinique* 11 (1): 96-101.
- Garraux, G. 2008. « [Preserve brain function...through physical exercise?] ». *Revue Médicale De Liège* 63 (5-6): 293-98.
- Garriguët, D., et R.C. Colley. 2012. « Daily Patterns of Physical Activity among Canadians ». *Health Reports* 23 (2): 27-32.
- Garrow, J. S. 1995. « Validation of Methods for Estimating Habitual Diet: Proposed Guidelines ». *European Journal of Clinical Nutrition* 49 (4): 231-32.
- Gaskell, S. E., T. Rice, C. Bouchard, J. Gagnon, D. C. Rao, J. S. Skinner, J. H. Wilmore, et A. S. Leon. 2001. « Familial Resemblance in Ventilatory Threshold: The HERITAGE Family Study ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33 (11): 1832-40.
- Gastinger, S., H. Sefati, G. Nicolas, A. Sorel, A. Gratas-Delamarche, et J. Prioux. 2010. « Estimates of Ventilation from Measurements of Rib Cage and Abdominal Distances: A Portable Device ». *European Journal of Applied Physiology* 109 (6): 1179-89.
- Gastinger, S., H. Sefati, G. Nicolas, A. Sorel, A. Gratas-Delamarche, et J. Prioux. 2011. « A New Method to Estimate Energy Expenditure from Abdominal and Rib Cage Distances ». *European Journal of Applied Physiology* 111 (11): 2823-35.
- Gastinger, S., G. Nicolas, A. Sorel, H. Sefati, et J. Prioux. 2012. « Energy Expenditure Estimate by Heart-Rate Monitor and a Portable Electromagnetic Coils System ». *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 22 (2): 117-30.
- Gaston, A., et A Cramp. 2011. « Exercise during pregnancy: a review of patterns and determinants ». *J Sci Med Sport* 14: 299-305.
- Gatto, N.M., V.W. Henderson, H.N. Hodis, J.A. St John, F. Lurmann, J.-C. Chen, et W.J. Mack. 2014. « Components of Air Pollution and Cognitive Function in Middle-Aged and Older Adults in Los Angeles ». *Neurotoxicology* 40 (janvier): 1-7.
- Gauchard, G.C., C. Jeandel, et P.P. Perrin. 2001. « Physical and Sporting Activities Improve Vestibular Afferent Usage and Balance in Elderly Human Subjects ». *Gerontology* 47 (5): 263-70.
- Gavarry, O., M. Giacomoni, T. Bernard, M. Seymat, et G. Falgairette. 2003. « Habitual Physical Activity in Children and Adolescents during School and Free Days ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 35 (3): 525-31.
- Gay, J.L., R.P. Saunders, et M. Dowda. 2011. « The Relationship of Physical Activity and the Built Environment within the Context of Self-Determination Theory ». *Annals of Behavioral Medicine: A Publication of the Society of Behavioral Medicine* 42 (2): 188-96.
- Gaynes, B.N., N. Gavin, S. Meltzer-Brody, K.N. Lohr, T. Swinson, G. Gartlehner, S. Brody, et W. C. Miller. 2005. « Perinatal depression: prevalence, screening accuracy, and screening outcomes ». *Evid Rep Technol Assess (Summ)* 119: 1-8.
- Gelber, A.C., M.C. Hochberg, L.A. Mead, N.Y. Wang, F.M. Wigley, et M.J. Klag. 1999. « Body

- Mass Index in Young Men and the Risk of Subsequent Knee and Hip Osteoarthritis ». *The American Journal of Medicine* 107 (6): 542-48.
- George, V.A., et A. Morganstein. 2003. « Effect of Moderate Intensity Exercise on Acute Energy Intake in Normal and Overweight Females ». *Appetite* 40 (1): 43-46.
- Georgopoulos, N.A., N.D. Roupas, A. Theodoropoulou, A. Tsekouras, A.G. Vagenakis, et K.B. Markou. 2010. « The Influence of Intensive Physical Training on Growth and Pubertal Development in Athletes ». *Annals of the New York Academy of Sciences* 1205 (septembre): 39-44.
- Georgopoulos, N.A., A. Theodoropoulou, N.A. Roupas, L. Rottstein, A. Tsekouras, P. Mylonas, G. A. Vagenakis, et al. 2012. « Growth Velocity and Final Height in Elite Female Rhythmic and Artistic Gymnasts ». *Hormones (Athens, Greece)* 11 (1): 61-69.
- Geraets, W.G., P.F. van der Stelt, P. Lips, P.J. Elders, F.C. van Ginkel, et E.H. Burger. 1997. « Orientation of the Trabecular Pattern of the Distal Radius around the Menopause ». *Journal of Biomechanics* 30 (4): 363-70.
- Gianoudis, J., C.A. Bailey, et R.M. Daly. 2015. « Associations between Sedentary Behaviour and Body Composition, Muscle Function and Sarcopenia in Community-Dwelling Older Adults ». *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA* 26 (2): 571-79.
- Gibala, M.J., J.P. Little, M.J. Macdonald, et J.A. Hawley. 2012. « Physiological Adaptations to Low-Volume, High-Intensity Interval Training in Health and Disease ». *The Journal of Physiology* 590 (Pt 5): 1077-84.
- Gilchrist, J., B.R. Mandelbaum, H. Melancon, G.W. Ryan, H.J. Silvers, L.Y. Griffin, D.S. Watanabe, R.W. Dick, et J. Dvorak. 2008. « A Randomized Controlled Trial to Prevent Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Collegiate Soccer Players ». *The American Journal of Sports Medicine* 36 (8): 1476-83.
- Giles, L.V., et M.S. Koehle. 2014. « The Health Effects of Exercising in Air Pollution ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 44 (2): 223-49.
- Gillespie, W.J., L.D. Gillespie, et M.J. Parker. 2010. « Hip Protectors for Preventing Hip Fractures in Older People ». *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, n° 10: CD001255.
- Gjestland, K., K. Bø, K.M. Owe, et M. Eberhard-Gran. 2013. « Do pregnant women follow exercise guidelines? Prevalence data among 3482 women, and prediction of low-back pain, pelvic girdle pain and depression ». *Br J Sports Med* 47 (8): 515-20.
- Glanz, K., J.F. Sallis, B.E. Saelens, et L.D. Frank. 2005. « Healthy Nutrition Environments: Concepts and Measures ». *American Journal of Health Promotion: AJHP* 19 (5): 330-33.
- Glasgow, P.D., R. Ferris, et C.M. Bleakley. 2014. « Cold Water Immersion in the Management of Delayed-Onset Muscle Soreness: Is Dose Important? A Randomised Controlled Trial ». *Physical Therapy in Sport: Official Journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine* 15 (4): 228-33.
- Glass, D.C., et J.D. McKnight. 1996. « Perceived control, depressive symptomatology, and professional burnout: A review of the evidence ». *Psychology & Health* 11 (1): 23-48.
- Glasser, W.M.D. 1985. *Positive Addiction*. Harper.
- Glazer, N.L., A. Lyass, D.W. Esliger, S.J. Blease, P.S. Freedson, J.M. Massaro, J.M. Murabito, et R.S. Vasan. 2013. « Sustained and Shorter Bouts of Physical Activity Are Related to Cardiovascular Health ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 45 (1): 109-15.
- Gligoroska, J. P., et S. Manchevska. 2012. « The Effect of Physical Activity on Cognition - Physiological Mechanisms ». *Materia Socio-Medica* 24 (3): 198-202.
- Global Advocacy for Physical Activity the Advocacy Council of the International Society for Physical, Activity, et Health. 2011. « Prévention des maladies non transmissibles : Investir dans la promotion de l'activité physique, ça rapporte ! ».

- Goldenberg, F. 1991. « [Sleep in normal aging] ». *Neurophysiologie Clinique* 21 (4): 267-79.
- Gomersall, S., C. Maher, C. English, A. Rowlands, et T. Olds. 2015. « Time Regained: When People Stop a Physical Activity Program, How Does Their Time Use Change? A Randomised Controlled Trial ». *PloS One* 10 (5): e0126665.
- Gomersall, S.R., A.V. Rowlands, Coralie English, Carol Maher, et Tim S. Olds. 2013. « The ActivityStat Hypothesis: The Concept, the Evidence and the Methodologies ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 43 (2): 135-49.
- Gomes, E.C., J.E. Allgrove, G. Florida-James, et V. Stone. 2011. « Effect of Vitamin Supplementation on Lung Injury and Running Performance in a Hot, Humid, and Ozone-Polluted Environment ». *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 21 (6): 452-60.
- Gomez, J.E., B.A. Johnson, M. Selva, et J.F. Sallis. 2004. « Violent crime and outdoor physical activity among inner-city youth ». *Prev Med* 39: 876-81.
- Goodwin, R.D., et S.P. Hamilton. 2003. « Lifetime Comorbidity of Antisocial Personality Disorder and Anxiety Disorders among Adults in the Community ». *Psychiatry Research* 117 (2): 159-66.
- Goran, M.I., et E.T. Poehlman. 1992. « Endurance Training Does Not Enhance Total Energy Expenditure in Healthy Elderly Persons ». *The American Journal of Physiology* 263 (5 Pt 1): 950-57.
- Gordon-Larsen, P., R.G. McMurray, et B.M. Popkin. 2000. « Determinants of Adolescent Physical Activity and Inactivity Patterns ». *Pediatrics* 105 (6): 83.
- Gracia-Marco, L., J.P. Rey-López, A.M. Santaliestra-Pasías, D. Jiménez-Pavón, L.E. Díaz, L.A. Moreno, et G. Vicente-Rodríguez. 2012. « Sedentary Behaviours and Its Association with Bone Mass in Adolescents: The HELENA Cross-Sectional Study ». *BMC Public Health* 12: 971.
- Gradmark, A., J. Pomeroy, F. Renström, S. Steingang, M. Persson, A. Wright, L. Bluck, et al. 2011. « Physical activity, sedentary behaviors, and estimated insulin sensitivity and secretion in pregnant and non-pregnant women ». *BMC Pregnancy Childbirth* 11 : 44.
- Graf, C., B. Koch, E. Kretschmann-Kandel, et al. 2004. « Correlation between BMI, leisure habits and motor abilities in childhood (CHILT-project) ». *Int J Obes Metab Disord* 28: 22-26.
- Grahn Kronhed, A.C., C. Blomberg, N. Karlsson, O. Lofman, T. Timpka, et M. Moller. 2005. « Impact of a community-based osteoporosis and fall prevention program on fracture incidence ». *Osteoporos.Int* 16 (6): 700-706.
- Granacher, U., A. Lacroix, K. Roettger, A. Gollhofer, et T. Muehlbauer. 2014. « Relationships between Trunk Muscle Strength, Spinal Mobility, and Balance Performance in Older Adults ». *Journal of Aging and Physical Activity* 22 (4): 490-98.
- Granhed, H., et B. Morelli. 1988. « Low Back Pain among Retired Wrestlers and Heavyweight Lifters ». *The American Journal of Sports Medicine* 16 (5): 530-33.
- Graser, S.V., R.P. Pangrazi, et W.J. Vicent. 2009. « Steps it up: Activity intensity using pedometers ». *J Phys Educ Recr Dance* 80 (1): 22-24.
- Gréhaigne, J.F., N. Wallian, et P. Godbout. 2005. « Tactical-decision learning model and students' practices ». *Journal of Sport Pedagogy* 10 (3): 255-69.
- Gribbon, A., J. McNeil, O. Jay, M.S. Tremblay, et J.-P. Chaput. 2015. « Active Video Games and Energy Balance in Male Adolescents: A Randomized Crossover Trial ». *The American Journal of Clinical Nutrition* 101 (6): 1126-34.
- Grøntved, A., et F.B. Hu. 2011. « Television Viewing and Risk of Type 2 Diabetes, Cardiovascular Disease, and All-Cause Mortality: A Meta-Analysis ». *JAMA* 305 (23): 2448-55.
- Grøntved, A., M. Ried-Larsen, N. Christian Møller, P. Lund Kristensen, N. Wedderkopp, K. Froberg, F.B. Hu, U. Ekelund, et L.B. Andersen. 2014. « Youth Screen-Time Behaviour Is Associated with Cardiovascular Risk in Young Adulthood: The European Youth Heart

- Study ». *European Journal of Preventive Cardiology* 21 (1): 49-56.
- Groom, K.N., et M.E. O'Connor. 1996. « Relation of Light and Exercise to Seasonal Depressive Symptoms: Preliminary Development of a Scale ». *Perceptual and Motor Skills* 83 (2): 379-83.
- Groothausen, J., H. Siemer, H.C.G. Kemper, J.W.R. Twisk, et D. Welten. 1997. « Influence of Peak Strain on Lumbar Bone Mineral Density: An Analysis of 15-Year Physical Activity in Young Males and Females ». *Pediatric Exercise Science* 9 (2): 159-73.
- Grove, K.A., et B.R. Londeree. 1992. « Bone Density in Postmenopausal Women: High Impact vs Low Impact Exercise ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 24 (11): 1190-94.
- Gruai, S. 2003. « Rôle de l'activité physique dans le maintien de la vigilance chez les personnes âgées ». In *INRETS n° 91 Septembre 2003*, 71-77. IFSTTAR.
- Guadalupe-Grau, A., T. Fuentes, B. Guerra, et J.A.L. Calbet. 2009. « Exercise and Bone Mass in Adults ». *Sports Medicine* 39 (6): 439-68.
- Gueugnon, C., F. Mouglin, N.U. Nguyen, M. Bouhaddi, M. Nicolet-Guénat, et G. Dumoulin. 2012. « Ghrelin and PYY Levels in Adolescents with Severe Obesity: Effects of Weight Loss Induced by Long-Term Exercise Training and Modified Food Habits ». *European Journal of Applied Physiology* 112 (5): 1797-1805.
- Guggenbuhl, P. 2009. « Osteoporosis in Males and Females: Is There Really a Difference? » *Joint, Bone, Spine: Revue Du Rhumatisme* 76 (6): 595-601.
- Guidolin, M., et M. Gradisar. 2012. « Is Shortened Sleep Duration a Risk Factor for Overweight and Obesity during Adolescence? A Review of the Empirical Literature ». *Sleep Medicine* 13 (7): 779-86.
- Guilleminault, C., A. Clerk, J. Black, M. Labanowski, R. Pelayo, et D. Claman. 1995. « Nondrug Treatment Trials in Psychophysiological Insomnia ». *Archives of Internal Medicine* 155 (8): 838-44.
- Guinhouya, B.C. 2009. « Physical activity in preventing metabolic syndrome in children. [Rôle de l'activité physique dans la lutte contre le syndrome métabolique infantile] ». *Med/Sci (Paris)* 25 (10): 827-33.
- Guinhouya, B.C. 2010a. « Physical activity counseling in the primary care setting: Insight into the 5A's method [Le conseil en activité physique dans le cadre des soins primaires: Aperçu de la méthode des « 5A »] ». *Educ Ther Patient/Ther Patient Educ* 2 (2): 201-11.
- Guinhouya, B.C. 2010b. « Physical activity of schoolchildren in France: The paradox of a public health priority! [Activité physique de l'enfant scolarisé en France. Le paradoxe d'une priorité de santé publique !] ». *Rev Epidemiol Sante Publique* 58 (4): 255-67.
- Guinhouya, B.C. 2011a. « How to use motion sensors in a pediatric clinic? » *Rev Med Brux* 32 (1): 27-38.
- Guinhouya, B.C. 2011b. « Outcomes and cardiac response of overweight prepubescent to the 6 minutes walk test ». *Minerva Pediatr* 63 (5): 375-84.
- Guinhouya, B.C. 2011c. *Physical activity of pediatric populations in an obesogenic context*. Vol. in press. NY: Nova Science Publishers, Inc.
- Guinhouya, B.C. 2011d. « The promotion of physical activity through a preventative consultation. [La promotion de l'activité physique en consultation de prévention] ». *Soins Pediatr Pueric* 262: 42-46.
- Guinhouya, B.C. 2012. *L'activité physique au cours du développement de l'enfant [Physical activity during growth]*. Médecine-Sciences. Paris: Lavoisier.
- Guinhouya, B.C., G.K. Apété, et H. Hubert. 2009a. « Diagnostic quality of Actigraph-based physical activity cut-offs for children: What overweight/obesity references can tell? » *Pediatr Int* 51 (4): 568-73.
- Guinhouya, B.C. 2009b. « Evaluation of habitual physical activity of children during clinical and epidemiological trials. [Evaluation de l'activité physique habituelle des enfants lors d'études

- cliniques et épidémiologiques] ». *Sante Publique* 21 (5): 465-78.
- Guinhouya, B.C. 2010. « The determinants of habitual physical activity in children: update and implications for care and prevention options in pediatric overweight/obesity ». *Rev Epidemiol Sante Publique* 58 (1): 49-58.
- Guinhouya, B.C., S.J. Fairclough, D. Zitouni, C. Vilhelm, H. Zgaya, C. Vilhelm, C. de Beaufort, M. Lemdani, et H. Hubert. 2013a. « Does biological maturity actually confound gender-related differences in physical activity in preadolescence? » *Child Care Health Dev* 39 (6): 835-44.
- Guinhouya, B.C., et H. Hubert. 2011a. « Insight into physical activity in combating the infantile metabolic syndrome ». *Environ Health Prev Med* 16 (3): 144-47.
- Guinhouya, B.C., H. Hubert, et D. Zitouni. 2011b. « Need for an unbiased computation of the moderate-intensity physical activity of youths in epidemiologic studies ». *Am J Prev Med* 41 (1): 1-2.
- Guinhouya, B.C., M. Lemdani, C. Vilhelm, H. Hubert, G.K. Apété, et A. Durocher. 2009c. « How school time physical activity is the “big one” for the daily activity among schoolchildren? A semi-experimental approach ». *J Phys Activity Health* 6 (4): 510-19.
- Guinhouya, B.C., H. Samouda, et C. de Beaufort. 2013b. « Level of physical activity among children and adolescents in Europe: a review of physical activity assessed objectively by accelerometry ». *Public Health* 127 (4): 301-11.
- Guinhouya, B.C., H. Samouda, D. Zitouni, C. Vilhelm, et H. Hubert. 2011c. « Evidence of the influence of physical activity on the metabolic syndrome and/or on insulin resistance in pediatric populations: a systematic review ». *Int J Pediatr Obes* 6 (5-6): 361-88.
- Guinhouya, B.C., C. Vilhelm, C. Allogio, G.K. Apété, D. Zitouni, Y. Redlich, et H. Hubert. 2010. « Level of objectively-measured physical activity among children of Northern France ». *Bull Epidemiol Heb* 27-28: 297-301.
- Guinhouya, C.B., H. Hubert, G. Dupont, et A. Durocher. 2005. « The recess period: A key moment of prepubescent children's daily physical activity? » *Int Elect J Health Educ* 8: 126-34.
- Guinhouya, C.B., H. Hubert, S. Soubrier, C. Vilhelm, M. Lemdani, et A. Durocher. 2006. « Moderate-to-vigorous physical activity among children: discrepancies in accelerometry-based cut-off points ». *Obesity* 14 (5): 774-77.
- Guinhouya, C.B., M. Lemdani, C. Vilhelm, A. Durocher, et H. Hubert. 2009d. « Actigraph-defined moderate-to-vigorous physical activity cut-off points among children: statistical and biobehavioural relevance ». *Acta Paediatr* 98 (4): 708-14.
- Guinhouya, C.B., S. Soubrier, C. Vilhelm, P. Ravaux, M. Lemdani, A. Durocher, et H. Hubert. 2007. « Physical activity and sedentary lifestyle in children as time-limited function: usefulness of the Principal Component Analysis method ». *Behav Res Methods* 39 (3): 682-88.
- Gulsvik, A.K., D.S. Thelle, S.O. Samuelsen, M. Myrstad, M. Mowé, et T.B. Wyller. 2012. « Ageing, Physical Activity and Mortality--a 42-Year Follow-up Study ». *International Journal of Epidemiology* 41 (2): 521-30.
- Gulve, E.A. 2008. « Exercise and Glycemic Control in Diabetes: Benefits, Challenges, and Adjustments to Pharmacotherapy ». *Physical Therapy* 88 (11): 1297-1321.
- Gunnarsson, T.P., P. Møller Christensen, K. Holse, D. Christiansen, et J. Bangsbo. 2012. « Effect of Additional Speed Endurance Training on Performance and Muscle Adaptations ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 44 (10): 1942-48.
- Guo, J.-L., Y.-Y. Tsai, J.-Y. Liao, H.-M. Tu, et C.-M. Huang. 2014. « Interventions to Reduce the Number of Falls among Older Adults With/without Cognitive Impairment: An Exploratory Meta-Analysis ». *International Journal of Geriatric Psychiatry* 29 (7): 661-69.
- Gupta, N.K., W.H. Mueller, W. Chan, et J.C. Meininger. 2002. « Is Obesity Associated with Poor Sleep Quality in Adolescents? » *American Journal of Human Biology: The Official Journal of the Human Biology Council* 14 (6): 762-68.

- Gutin, B., Z. Yin, M.C. Humphries, et P. Barbeau. 2005. « Relations of Moderate and Vigorous Physical Activity to Fitness and Fatness in Adolescents ». *The American Journal of Clinical Nutrition* 81 (4): 746-50.
- Gutin, B., et M.J. Kasper. 1992. « Can Vigorous Exercise Play a Role in Osteoporosis Prevention? A Review ». *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA* 2 (2): 55-69.
- Gutin, B., L. Ramsey, P. Barbeau, W. Cannady, M. Ferguson, M. Litaker, et S. Owens. 1999. « Plasma Leptin Concentrations in Obese Children: Changes during 4-Mo Periods with and without Physical Training ». *The American Journal of Clinical Nutrition* 69 (3): 388-94.
- Haapasalo, H. 1998. « Physical Activity and Growing Bone. Development of Peak Bone Mass with Special Reference to the Effects of Unilateral Physical Activity ». *Annales Chirurgiae Et Gynaecologiae* 87 (3): 250-52.
- Häggglund, M., J. Zwerver, et J. Ekstrand. 2011. « Epidemiology of Patellar Tendinopathy in Elite Male Soccer Players ». *The American Journal of Sports Medicine* 39 (9): 1906-11.
- Hagobian, T.A., M. Yamashiro, J.Hinkel-Lipsker, K. Streder, N. Evero, et T. Hackney. 2013. « Effects of Acute Exercise on Appetite Hormones and Ad Libitum Energy Intake in Men and Women ». *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquée, Nutrition Et Métabolisme* 38 (1): 66-72.
- Hagströmer, M., B.E. Ainsworth, L. Kwak, et H.R. Bowles. 2012. « A Checklist for Evaluating the Methodological Quality of Validation Studies on Self-Report Instruments for Physical Activity and Sedentary Behavior ». *Journal of Physical Activity & Health* 9 Suppl 1 (janvier): 29-36.
- Hague, J.F.E., S.S. Gilbert, H.J. Burgess, S.A. Ferguson, et D. Dawson. 2003. « A Sedentary Day: Effects on Subsequent Sleep and Body Temperatures in Trained Athletes ». *Physiology & Behavior* 78 (2): 261-67.
- Häkkinen, K., M. Alen, M. Kallinen, R.U. Newton, et W.J. Kraemer. 2000. « Neuromuscular Adaptation during Prolonged Strength Training, Detraining and Re-Strength-Training in Middle-Aged and Elderly People ». *European Journal of Applied Physiology* 83 (1): 51-62.
- Häkkinen, K., et A. Häkkinen. 1991. « Muscle Cross-Sectional Area, Force Production and Relaxation Characteristics in Women at Different Ages ». *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 62 (6): 410-14.
- Häkkinen, K., et A. Häkkinen. 1995. « Neuromuscular Adaptations during Intensive Strength Training in Middle-Aged and Elderly Males and Females ». *Electromyography and Clinical Neurophysiology* 35 (3): 137-47.
- Halbert, J.A., C. \$A. Silagy, P.M. Finucane, R.T. Withers, et P.A. Hamdorf. 2000. « Physical activity and cardiovascular risk factors: effect of advice from an exercise specialist in Australian general practice ». *Med J Aust.* 173 (2): 84-87.
- Haley, C., et R. Andel. 2010. « Correlates of Physical Activity Participation in Community-Dwelling Older Adults ». *Journal of Aging and Physical Activity* 18 (4): 375-89.
- Hallal, P.C., L.B. Andersen, F.C. Bull, R. Guthold, W. Haskell, U. Ekelund, et Lancet Physical Activity Series Working Group. 2012. « Global Physical Activity Levels: Surveillance Progress, Pitfalls, and Prospects ». *Lancet (London, England)* 380 (9838): 247-57.
- Hall, M.C., R.J. Fritzsich, A.I. Sagalowsky, A. Ahrens, B. Petty, et C.G. Roehrborn. 1999. « Prospective Determination of the Hormonal Response after Cessation of Luteinizing Hormone-Releasing Hormone Agonist Treatment in Patients with Prostate Cancer ». *Urology* 53 (5): 898-902.
- Halson, S.L. 2014. « Sleep in Elite Athletes and Nutritional Interventions to Enhance Sleep ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 44 Suppl 1 (mai): 13-23.
- Hamel, P., J.A. Simoneau, G. Lortie, M.R. Boulay, et C. Bouchard. 1986. « Heredity and Muscle

- Adaptation to Endurance Training ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 18 (6): 690-96.
- Hamer, M., et E. Stamatakis. 2009. « Physical Activity and Risk of Cardiovascular Disease Events: Inflammatory and Metabolic Mechanisms ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 41 (6): 1206-11.
- Hamer, M., et E. Stamatakis. 2013. « Screen-Based Sedentary Behavior, Physical Activity, and Muscle Strength in the English Longitudinal Study of Ageing ». *PloS One* 8 (6): :e66222.
- Hamer, M., et E. Stamatakis. 2014. « Prospective Study of Sedentary Behavior, Risk of Depression, and Cognitive Impairment ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 46 (4): 718-23.
- Hamer, M., et Y. Chida. 2009. « Physical Activity and Risk of Neurodegenerative Disease: A Systematic Review of Prospective Evidence ». *Psychological Medicine* 39 (1): 3-11.
- Hamilton, M.T., D.G. Hamilton, et T.W. Zderic. 2007. « Role of Low Energy Expenditure and Sitting in Obesity, Metabolic Syndrome, Type 2 Diabetes, and Cardiovascular Disease ». *Diabetes* 56 (11): 2655-67.
- Hammen, C. 2005. « Stress and Depression ». *Annual Review of Clinical Psychology* 1: 293-319.
- Handy, S.L., M.G. Boarnet, R. Ewing, et R.E. Killingsworth. 2002. « How the Built Environment Affects Physical Activity: Views from Urban Planning ». *American Journal of Preventive Medicine* 23 (2 Suppl): 64-73.
- Hannan, M.T., D.T. Felson, J.J. Anderson, et A. Naimark. 1993. « Habitual Physical Activity Is Not Associated with Knee Osteoarthritis: The Framingham Study ». *The Journal of Rheumatology* 20 (4): 704-9.
- Hansen, H.S., K. Froberg, N. Hyldebrandt, et J.R. Nielsen. 1991. « A Controlled Study of Eight Months of Physical Training and Reduction of Blood Pressure in Children: The Odense Schoolchild Study ». *BMJ (Clinical Research Ed.)* 303 (6804): 682-85.
- Hansen, P., M. English, et S. E. Willick. 2012. « Does Running Cause Osteoarthritis in the Hip or Knee? » *PM & R: The Journal of Injury, Function, and Rehabilitation* 4 (5 Suppl): 117-21.
- HAPO Study Cooperative Research Group, B.E. Metzger, L.P. Lowe, A.R. Dyer, E.R. Trimble, U. Chaovarindr, D.R. Coustan, et al. 2008. « Hyperglycemia and Adverse Pregnancy Outcomes ». *The New England Journal of Medicine* 358 (19): 1991-2002.
- Hardy, L.L., A. Grunseit, A. Khambalia, C. Bell, L. Wolfenden, et A.J. Milat. 2012. « Co-Occurrence of Obesogenic Risk Factors among Adolescents ». *The Journal of Adolescent Health: Official Publication of the Society for Adolescent Medicine* 51 (3): 265-71.
- Hargens, T.A., A.S. Kaleth, E.S. Edwards, et K.L. Butner. 2013. « Association between Sleep Disorders, Obesity, and Exercise: A Review ». *Nature and Science of Sleep* 5: 27-35.
- Härmä, M.I., J. Ilmarinen, et I. Yletyinen. 1982. « Circadian Variation of Physiological Functions in Physically Average and Very Fit Dayworkers ». *Journal of Human Ergology* 11 Suppl: 33-46.
- Harrell, J.S., S.A. Gansky, C.B. Bradley, et R.G. McMurray. 1997. « Leisure time activities of elementary school children ». *Nurs Res* 46: 246-53.
- Harro, M. 1997. « Validation of a questionnaire to assess physical activity of children ages 4-8 years ». *Res Q Exerc Sport* 68 (4): 259-68.
- Hart, D.J., D.V. Doyle, et T.D. Spector. 1999. « Incidence and Risk Factors for Radiographic Knee Osteoarthritis in Middle-Aged Women: The Chingford Study ». *Arthritis and Rheumatism* 42 (1): 17-24.
- Hart, T.L., A.M. Swartz, S.E. Cashin, et S.J. Strath. 2011. « How Many Days of Monitoring Predict Physical Activity and Sedentary Behaviour in Older Adults? » *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 8: 62.
- Hasan, J., H. Urponen, I. Vuori, et M. Partinen. 1988. « Exercise Habits and Sleep in a Middle-Aged Finnish Population ». *Acta Physiologica Scandinavica. Supplementum* 574: 33-35.

- Hasan, K. M., M. S. Rahman, K.M.T. Arif, et M.E. Sobhani. 2012. « Psychological Stress and Aging: Role of Glucocorticoids (GCs) ». *Age (Dordrecht, Netherlands)* 34 (6): 1421-33.
- Haskell, W.L. 2012. « Physical Activity by Self-Report: A Brief History and Future Issues ». *Journal of Physical Activity & Health* 9 Suppl 1 (janvier): 5-10.
- Haskell, W.L., I.M. Lee, R.R. Pate, K.E. Powell, S.N. Blair, B.A. Franklin, C.A. Macera, G.W. Heath, P.D. Thompson, et A. Bauman. 2007. « Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association ». *Med Sci Sports Exerc* 39(8): 1423-34.
- Hasler, G., D.J. Buysse, A. Gamma, V. Ajdacic, D. Eich, W. Rössler, et J. Angst. 2005. « Excessive Daytime Sleepiness in Young Adults: A 20-Year Prospective Community Study ». *The Journal of Clinical Psychiatry* 66 (4): 521-29.
- Hasselstrøm, H., S.E. Hansen, K. Froberg, et L.B. Andersen. 2002. « Physical Fitness and Physical Activity during Adolescence as Predictors of Cardiovascular Disease Risk in Young Adulthood. Danish Youth and Sports Study. An Eight-Year Follow-up Study ». *International Journal of Sports Medicine* 23 Suppl 1 (mai): 27-31.
- Hassmén, P., N. Koivula, et A. Uutela. 2000. « Physical Exercise and Psychological Well-Being: A Population Study in Finland ». *Preventive Medicine* 30 (1): 17-25.
- Hausdorff, J.M., H.K. Edelberg, S.L. Mitchell, A.L. Goldberger, et J.Y. Wei. 1997. « Increased Gait Unsteadiness in Community-Dwelling Elderly Fallers ». *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 78 (3): 278-83.
- Haute Autorité de Santé. 2011. « Développement de la prescription de thérapeutiques non médicamenteuses validées ». Rapport d'orientation. Haute Autorité de Santé.
- Havel, Peter J. 2004. « Update on Adipocyte Hormones: Regulation of Energy Balance and Carbohydrate/lipid Metabolism ». *Diabetes* 53 Suppl 1 (février): 143-51.
- Havel, P.J. 2001. « Peripheral Signals Conveying Metabolic Information to the Brain: Short-Term and Long-Term Regulation of Food Intake and Energy Homeostasis ». *Experimental Biology and Medicine (Maywood, N.J.)* 226 (11): 963-77.
- Hayashi, Y., et S. Endo. 1982. « Comparison of Sleep Characteristics of Subjects in Their 70's with Those in Their 80's ». *Folia Psychiatrica Et Neurologica Japonica* 36 (1): 23-32.
- Hayes, L.D., Fergal M. Grace, J.S. Baker, et Nicholas Sculthorpe. 2015. « Exercise-Induced Responses in Salivary Testosterone, Cortisol, and Their Ratios in Men: A Meta-Analysis ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 45 (5): 713-26.
- Hay, J., K. Maximova, A. Durksen, V. Carson, R.L. Rinaldi, B. Torrance, G.D.C. Ball, et al. 2012. « Physical Activity Intensity and Cardiometabolic Risk in Youth ». *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine* 166 (11): 1022-29.
- HCSP. 2013. « Avis relatif aux messages sanitaires à diffuser lors d'épisodes de pollution de l'air ambiant par les particules, l'ozone, le dioxyde d'azote et/ou le dioxyde de soufre ». HCSP.
- Healy, G.N., B.K. Clark, E.A.H. Winkler, P.A. Gardiner, W.J. Brown, et C.E. Matthews. 2011a. « Measurement of adults' sedentary time in population-based studies ». *American Journal of Preventive Medicine* 41 (2): 216-27.
- Healy, G.N., D.W. Dunstan, J. Salmon, E. Cerin, J.E. Shaw, P.Z. Zimmet, et N. Owen. 2007. « Objectively Measured Light-Intensity Physical Activity Is Independently Associated with 2-H Plasma Glucose ». *Diabetes Care* 30 (6): 1384-89.
- Healy, G.N., D.W. Dunstan, J. Salmon, E. Cerin, J.E. Shaw, P.Z. Zimmet, et N. Owen. 2008a. « Breaks in Sedentary Time: Beneficial Associations with Metabolic Risk ». *Diabetes Care* 31 (4): 661-66.
- Healy, G.N., C.E. Matthews, D.W. Dunstan, E.A.H. Winkler, et N. Owen. 2011b. « Sedentary Time and Cardio-Metabolic Biomarkers in US Adults: NHANES 2003-06 ». *European Heart Journal* 32 (5): 590-97.
- Healy, G.N., K. Wijndaele, D.W. Dunstan, J.E. Shaw, J. Salmon, P.Z. Zimmet, et N. Owen. 2008b.

- « Objectively measured sedentary time, physical activity, and metabolic risk: the Australian Diabetes, Obesity and Lifestyle Study (AusDiab) ». *Diabetes Care* 31 (2): 369-71.
- Heaney, R.P., S. Abrams, B. Dawson-Hughes, A. Looker, R. Marcus, V. Matkovic, et C. Weaver. 2000. « Peak Bone Mass ». *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA* 11 (12): 985-1009.
- Hedman, C., T. Pohjasvaara, U. Tolonen, A. S. Suhonen-Malm, et V. V. Myllylä. 2002. « Effects of Pregnancy on Mothers' Sleep ». *Sleep Medicine* 3 (1): 37-42.
- H.E.I. (Health Effects Institute). 2010 « Traffic-Related Air Pollution: A Critical Review of the Literature on Emissions, Exposure, and Health Effects ». *HEI Report Series WA 754 R432*,
- Heil, D.P. 2006. « Predicting activity energy expenditure using the Actical activity monitor ». *Res Q Exerc Sport* 77 (1): 64-80.
- Heinonen, A., H. Sievänen, P. Kannus, P. Oja, M. Pasanen, et I. Vuori. 2000. « High-Impact Exercise and Bones of Growing Girls: A 9-Month Controlled Trial ». *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA* 11 (12): 1010-17.
- Heir, T., et G. Eide. 1996. « Age, Body Composition, Aerobic Fitness and Health Condition as Risk Factors for Musculoskeletal Injuries in Conscripts ». *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 6 (4): 222-27.
- Heiser, T.M., J. Weber, G. Sullivan, P. Clare, et R.R. Jacobs. 1984. « Prophylaxis and Management of Hamstring Muscle Injuries in Intercollegiate Football Players ». *The American Journal of Sports Medicine* 12 (5): 368-70.
- Heller, T., J.A. McCubbin, C. Drum, et J. Peterson. 2011. « Physical Activity and Nutrition Health Promotion Interventions: What Is Working for People with Intellectual Disabilities? ». *Intellectual and Developmental Disabilities* 49 (1): 26-36.
- Helmerhorst, H.J.F., S. Brage, J. Warren, H. Besson, et U. Ekelund. 2012. « A Systematic Review of Reliability and Objective Criterion-Related Validity of Physical Activity Questionnaires ». *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 9: 103.
- Hense, S., G. Barba, H. Pohlabeln, S. De Henauw, S. Marild, D. Molnar, L.A. Moreno, C. Hadjigeorgiou, T. Veidebaum, et W. Ahrens. 2011. « Factors That Influence Weekday Sleep Duration in European Children ». *Sleep* 34 (5): 633-39.
- Henwood, T., A. Tuckett, et C. Turner. 2012. « What Makes a Healthier Nurse, Workplace or Leisure Physical Activity? Informed by the Australian and New Zealand E-Cohort Study ». *Journal of Clinical Nursing* 21 (11-12): 1746-54.
- Herbert, R.D., et M. Gabriel. 2002. « Effects of Stretching before and after Exercising on Muscle Soreness and Risk of Injury: Systematic Review ». *BMJ (Clinical Research Ed.)* 325 (7362): 468.
- Hercberg, S., P. Galan, P. Preziosi, A.M. Roussel, J. Arnaud, M. J. Richard, D. Malvy, A. Paul-Dauphin, S. Briançon, et A. Favier. 1998. « Background and Rationale behind the SU.VI.MAX Study, a Prevention Trial Using Nutritional Doses of a Combination of Antioxidant Vitamins and Minerals to Reduce Cardiovascular Diseases and Cancers. SUPPLEMENTATION EN VITAMINES ET MINÉRAUX ANTIOXYDANTS STUDY ». *International Journal for Vitamin and Nutrition Research. Internationale Zeitschrift Für Vitamin Und Ernährungsforschung. Journal International De Vitaminologie Et De Nutrition* 68 (1): 3-20.
- Herlitz, J., E. Andersson, A. Bång, J. Engdahl, M. Holmberg, J. Lindqvist, B. W. Karlson, and L. Waagstein. 2000. "Experiences from treatment of out-of-hospital cardiac arrest during 17 years in Göteborg." *European Heart Journal* 21 (15):1251-1258. doi: 10.1053/euhj.2000.2150.
- Herring, M.P., M.H. Sailors, et M.S. Bray. 2014. « Genetic Factors in Exercise Adoption, Adherence and Obesity ». *Obesity Reviews: An Official Journal of the International*

- Association for the Study of Obesity* 15 (1): 29-39.
- Hess, J.A., et M. Woollacott. 2005. « Effect of High-Intensity Strength-Training on Functional Measures of Balance Ability in Balance-Impaired Older Adults ». *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* 28 (8): 582-90.
- Hicks, A.L., K.A. Martin Ginis, C.A. Pelletier, D.S. Ditor, B. Foulon, et D.L. Wolfe. 2011. « The Effects of Exercise Training on Physical Capacity, Strength, Body Composition and Functional Performance among Adults with Spinal Cord Injury: A Systematic Review ». *Spinal Cord* 49 (11): 1103-27.
- Hildreth, K.L., J. Grigsby, L. L. Bryant, P. Wolfe, et J. Baxter. 2014. « Cognitive Decline and Cardiometabolic Risk among Hispanic and Non-Hispanic White Adults in the San Luis Valley Health and Aging Study ». *Journal of Behavioral Medicine* 37 (2): 332-42.
- Hilgenkamp, T.I.M., D. Reis, R. van Wijck, et H. M. Evenhuis. 2012. « Physical Activity Levels in Older Adults with Intellectual Disabilities Are Extremely Low ». *Research in Developmental Disabilities* 33 (2): 477-83.
- Hillman, C.H., K.I. Erickson, et A.F. Kramer. 2008. « Be Smart, Exercise Your Heart: Exercise Effects on Brain and Cognition ». *Nature Reviews. Neuroscience* 9 (1): 58-65.
- Hillman, C.H., K. Kamijo, et M. Scudder. 2011. « A Review of Chronic and Acute Physical Activity Participation on Neuroelectric Measures of Brain Health and Cognition during Childhood ». *Preventive Medicine* 52 Suppl 1 (juin): 21-28.
- Hilton, L.K., et A.B. Loucks. 2000. « Low Energy Availability, Not Exercise Stress, Suppresses the Diurnal Rhythm of Leptin in Healthy Young Women ». *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism* 278 (1): 43-49.
- Hirshkowitz, M., K. Whiton, S.M. Albert, C. Alessi, O. Bruni, L. DonCarlos, N. Hazen, et al. 2015. « National Sleep Foundation's Updated Sleep Duration Recommendations: Final Report ». *Sleep Health: Journal of the National Sleep Foundation* 1 (4): 233-43.
- Hitze, B., A. Bosy-Westphal, F. Bielfeldt, U. Settler, S. Plachta-Danielzik, M. Pfeuffer, J. Schrezenmeir, H. Mönig, et M. J. Müller. 2009. « Determinants and Impact of Sleep Duration in Children and Adolescents: Data of the Kiel Obesity Prevention Study ». *European Journal of Clinical Nutrition* 63 (6): 739-46.
- Hnatiuk, J., N.D. Ridgers, J. Salmon, K. Campbell, Z. McCallum, et K. Hesketh. 2012. « Physical activity levels and patterns of 19-month-old children ». *Med Sci Sports Exerc* 44 (9): 1715-1120.
- Hofman, M.A., et D.F. Swaab. 2006. « Living by the Clock: The Circadian Pacemaker in Older People ». *Ageing Research Reviews* 5 (1): 33-51.
- Hogervorst, E., W. Riedel, A. Jeukendrup, et J. Jolles. 1996. « Cognitive Performance after Strenuous Physical Exercise ». *Perceptual and Motor Skills* 83 (2): 479-88.
- Hollander, M., M.L. Bots, A. Iglesias Del Sol, P.J. Koudstaal, J.C.M. Witteman, D.E. Grobbee, A. Hofman, et M.M.B. Breteler. 2002. « Carotid Plaques Increase the Risk of Stroke and Subtypes of Cerebral Infarction in Asymptomatic Elderly: The Rotterdam Study ». *Circulation* 105 (24): 2872-77.
- Holmes, A.L., H.J. Burgess, et D. Dawson. 2002. « Effects of Sleep Pressure on Endogenous Cardiac Autonomic Activity and Body Temperature ». *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)* 92 (6): 2578-84.
- Holmes, M.D., W.Y. Chen, D. Feskanich, C.H. Kroenke, et G.A. Colditz. 2005. « Physical Activity and Survival after Breast Cancer Diagnosis ». *JAMA* 293 (20): 2479-86.
- Holm, K., H. Wyatt, J. Murphy, J. Hill, et L. Odgen. 2012. « Parental Influence on Child Change in Physical Activity during a Family-Based Intervention for Child Weight Gain Prevention ». *Journal of Physical Activity & Health* 9 (5): 661-69.
- Holviola, J., W.J. Kraemer, E. Sillanpää, H. Karppinen, J. Avela, A. Kauhanen, A. Häkkinen, et K. Häkkinen. 2012. « Effects of Strength, Endurance and Combined Training on Muscle

- Strength, Walking Speed and Dynamic Balance in Aging Men ». *European Journal of Applied Physiology* 112 (4): 1335-47.
- Hootman, J.M., C.A. Macera, B.E. Ainsworth, C.L. Addy, M. Martin, et S.N. Blair. 2002. « Epidemiology of Musculoskeletal Injuries among Sedentary and Physically Active Adults ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 34 (5): 838-44.
- Hootman, J.M., C.A. Macera, C.G. Helmick, et S.N. Blair. 2003. « Influence of Physical Activity-Related Joint Stress on the Risk of Self-Reported Hip/knee Osteoarthritis: A New Method to Quantify Physical Activity ». *Preventive Medicine* 36 (5): 636-44.
- Hootman, J.M., C.A. Macera, B.E. Ainsworth, M. Martin, C.L. Addy, et S.N. Blair. 2002. « Predictors of lower extremity injury among recreationally active adults ». *Clin J Sport Med* 12 (2): 99-106.
- Hopkins, M., C. Gibbons, P. Caudwell, P.M. Hellström, E. Näslund, N.A. King, G. Finlayson, et J.E. Blundell. 2014. « The Adaptive Metabolic Response to Exercise-Induced Weight Loss Influences Both Energy Expenditure and Energy Intake ». *European Journal of Clinical Nutrition* 68 (5): 581-86.
- Horne, J. 2011. « Obesity and Short Sleep : Unlikely Bedfellows? » *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity* 12 (5): 84-94.
- Horne, J.A., et V.J. Moore. 1985. « Sleep EEG Effects of Exercise with and without Additional Body Cooling ». *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 60 (1): 33-38.
- Horne, J.A., et J.M. Porter. 1975. « Exercise and Human Sleep ». *Nature* 256 (5518): 573-75.
- Horne, R.S.C., P. Bandopadhyay, J. Vitkovic, S.M. Cranage, et T. Michael Adamson. 2002. « Effects of Age and Sleeping Position on Arousal from Sleep in Preterm Infants ». *Sleep* 25 (7): 746-50.
- Hortobágyi, T., S. Solnik, A.Gruber, P. Rider, K. Steinweg, J. Helseth, et P. DeVita. 2009. « Interaction between Age and Gait Velocity in the Amplitude and Timing of Antagonist Muscle Coactivation ». *Gait & Posture* 29 (4): 558-64.
- Howe, T.E., B. Shea, L.J. Dawson, F. Downie, A. Murray, C. Ross, R.T. Harbour, L.M. Caldwell, et G. Creed. 2011. « Exercise for Preventing and Treating Osteoporosis in Postmenopausal Women ». *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, n° 7: CD000333.
- Howie, E.K., et R.R. Pate. 2012. « Physical activity and academic achievement in children: A historical perspective ». *Journal of Sport and Health Science, Children's Physical Activity and Health: Physical activity, physical fitness, diet and the health in young people*, 1 (3): 160-69.
- Howie, E.K., J. Schatz, et R.R. Pate. 2015. « Acute Effects of Classroom Exercise Breaks on Executive Function and Math Performance: A Dose-Response Study ». *Research Quarterly for Exercise and Sport* 86 (3): 217-24.
- Howley, E.T. 2001. « Type of activity: resistance, aerobic and leisure versus occupational physical activity ». *Med Sci Sports Exerc* 33 (6 Suppl): 364-69.
- Hruby, A., V.R. Chomitz, L.N. Arsenault, A.Must, C.D. Economos, R.J. McGowan, et J.M. Sacke. 2012. « Predicting Maintenance or Achievement of Healthy Weight in Children: The Impact of Changes in Physical Fitness ». *Obesity (Silver Spring, Md.)* 20 (8): 1710-17.
- Huang, Y.-L., R.-Y. Liu, Q.-S. Wang, E.J.W. van Someren, H. Xu, et J.-N. Zhou. 2002. « Age-Associated Difference in Circadian Sleep-Wake and Rest-Activity Rhythms ». *Physiology & Behavior* 76 (4-5): 597-603.
- Hubal, M.J., H. Gordish-Dressman, P.D. Thompson, T.B. Price, E.P. Hoffman, T.J. Angelopoulos, P.M. Gordon, et al. 2005. « Variability in Muscle Size and Strength Gain after Unilateral Resistance Training ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 37 (6): 964-72.
- Hu, F.B., M.F. Leitzmann, M.J. Stampfer, G.A. Colditz, W.C. Willett, et E.B. Rimm. 2001. « Physical Activity and Television Watching in Relation to Risk for Type 2 Diabetes Mellitus in Men ». *Archives of Internal Medicine* 161 (12): 1542-48.

- Hu, G., J. Eriksson, N.C. Barengo, T.A. Lakka, T.T. Valle, A. Nissinen, P. Jousilahti, et J. Tuomilehto. 2004. « Occupational, Commuting, and Leisure-Time Physical Activity in Relation to Total and Cardiovascular Mortality among Finnish Subjects with Type 2 Diabetes ». *Circulation* 110 (6): 666-73.
- Hu, G., P. Jousilahti, K. Borodulin, N. C. Barengo, T. A. Lakka, A. Nissinen, et J. Tuomilehto. 2007. « Occupational, commuting and leisure-time physical activity in relation to coronary heart disease among middle-aged Finnish men and women ». *Atherosclerosis* 194: 490-97.
- Hügler, T., J. Geurts, C. Nüesch, M. Müller-Gerbl, et V. Valderrabano. 2012. « Aging and Osteoarthritis: An Inevitable Encounter? » *Journal of Aging Research* 2012: 950192.
- Hu, G., Q. Qiao, K. Silventoinen, J.G. Eriksson, P. Jousilahti, J. Lindstrom, T.T. Valle, A. Nissinen, et J. Tuomilehto. 2003. « Occupational, commuting, and leisure-time physical activity in relation to risk for Type 2 diabetes in middle-aged Finnish men and women ». *Diabetologia* 46: 322-29.
- Hu, G., C. Sarti, P. Jousilahti, K. Silventoinen, N. C. Barengo, et J. Tuomilehto. 2005. « Leisure time, occupational, and commuting physical activity and the risk of stroke ». *Stroke* 36 (9): 1994-99.
- Hume, P. A., D. Reid, et T. Edwards. 2006. « Epicondylar Injury in Sport: Epidemiology, Type, Mechanisms, Assessment, Management and Prevention ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 36 (2): 151-70.
- Hume, P., W. Hopkins, K. Rome, P. Maulder, G. Coyle, et B. Nigg. 2008. « Effectiveness of Foot Orthoses for Treatment and Prevention of Lower Limb Injuries: A Review ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 38 (9): 759-79.
- Humpel, N., N. Owen, et E. Leslie. 2002. « Environmental factors associated with adults' participation in physical activity: a review ». *Am J Prev Med* 22: 188-99.
- Humphries, D. 2001. "Proportions of activities in a climbing gym: Letter to the editor." *Br J Sports Med* 35:450-453.
- Hunter, D.J., et F. Eckstein. 2009. « Exercise and Osteoarthritis ». *Journal of Anatomy* 214 (2): 197-207.
- Hunter, G.R., C. Scott Bickel, Gordon Fisher, William H. Neumeier, et John P. McCarthy. 2013. « Combined Aerobic and Strength Training and Energy Expenditure in Older Women ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 45 (7): 1386-93.
- IARC. 2013. « Air pollution and cancer ». IARC Scientific Publication 161.
- Imaki, M., Y. Hatanaka, Y. Ogawa, Y. Yoshida, et S. Tanada. 2002. « An Epidemiological Study on Relationship between the Hours of Sleep and Life Style Factors in Japanese Factory Workers ». *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science* 21 (2): 115-20.
- Imbeault, P., S. Saint-Pierre, N. Alméras, et A. Tremblay. 1997. « Acute Effects of Exercise on Energy Intake and Feeding Behaviour ». *The British Journal of Nutrition* 77 (4): 511-21.
- Imperatore, G., Y.J. Cheng, D.E. Williams, J. Fulton, et E.W. Gregg. 2006. « Physical Activity, Cardiovascular Fitness, and Insulin Sensitivity among U.S. Adolescents: The National Health and Nutrition Examination Survey, 1999-2002 ». *Diabetes Care* 29 (7): 1567-72.
- INCa. 2015. « Nutrition et Cancers. Alimentation, consommation d'alcool, activité physique et poids. Faits scientifiques et conseil de prévention. » INCa.
- INSEE. 2012. Licences et clubs affiliés aux fédérations françaises handisport et du sport adapté en 2011.
- INSERM. 2000. « Obésité, dépistage et prévention chez l'enfant. Expertise collective. » Paris: INSERM.
- INSERM. 2008. « Activité physique: contexte et effets sur la santé ». Paris: INSERM.
- INSERM. 2014. « Inégalités sociales de santé en lien avec l'alimentation et l'activité physique ». Paris: INSERM.

- INSP Québec, D. Hamel, et B. Trembaly. 2012. « Étude des blessures subies au cours de la pratique d'activités récréatives et sportives au Québec en 2009-2010 ». Québec: Institut national de santé publique du Québec.
- Institut Roche de l'obésité, et INSERM. 2012. « Obépi-Roche 2012 : enquête épidémiologique nationale sur le surpoids et l'obésité. » Neuilly-sur-Seine: Institut Roche de l'Obésité.
- Intille, S.S., J. Lester, J.F. Sallis, et G. Duncan. 2012. « New Horizons in Sensor Development ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 44 (1 Suppl 1): 24-31.
- InVS. 2007. « Étude nationale nutrition santé ENNS, 2006. Situation nutritionnelle en France en 2006 selon les indicateurs d'objectif et les repères du Programme national nutrition santé (PNNS) ». Colloque du Programme national nutrition santé (PNNS). Paris: Institut de Veille Sanitaire (InVS).
- InVS, et MGEN. 2012. « Sommeil et performance au quotidien. Résultats de l'enquête INSV-MGEN 2012 ». Institut national du sommeil et de la vigilance.
- InVS, et Réseau EPAC. 2007. « Description et incidence des accidents de sport. Enquête permanente sur les accidents de la vie courante 2004-2005 ». Institut de Veille Sanitaire.
- IPAQ Research Committee. 2005. « Guidelines for Data Processing and Analysis of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) - Short and Long Forms ».
- Iwamoto, J., T. Takeda, et S. Ichimura. 2001. « Effect of Menatetrenone on Bone Mineral Density and Incidence of Vertebral Fractures in Postmenopausal Women with Osteoporosis: A Comparison with the Effect of Etidronate ». *Journal of Orthopaedic Science: Official Journal of the Japanese Orthopaedic Association* 6 (6): 487-92.
- Jacobi, D., A. Caille, J.M. Borys, A. Lommez, C. Couet, M.A. Charles, et J.M. Oppert. 2011. « Parent-offspring correlations in pedometer-assessed physical activity ». *PLoS One* 6 (12): e29195.
- Jacobs, L., T.S. Nawrot, B. de Geus, R. Meeusen, B. Degraeuwe, A. Bernard, M. Sughis, B. Nemery, et L.I. Panis. 2010. « Subclinical Responses in Healthy Cyclists Briefly Exposed to Traffic-Related Air Pollution: An Intervention Study ». *Environmental Health: A Global Access Science Source* 9: 64.
- Jacobs, P.L., et M.S. Nash. 2004. « Exercise Recommendations for Individuals with Spinal Cord Injury ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 34 (11): 727-51.
- Jacquemet, M. 2012. « Pratique sportive des femmes enceintes du bassin grenoblois ». Grenoble: Université Joseph Fourier.
- Jago, R., N. Wedderkopp, P.L. Kristensen, N.C. Moller, L.-B. Andersen, A.R. Cooper, et K. Froberg. 2008. « Six-year change in youth physical activity and effect on fasting insulin and HOMA-IR ». *Am J Prev Med* 35 (6): 554-60.
- Jago, R., I. Zakeri, T. Baranowski, et K. Watson. 2007. « Decision boundaries and receiver operating characteristic curves: new methods for determining accelerometer cutpoints ». *J Sports Sci* 25 (8): 937-44.
- Jakes, R.W., N.E. Day, B. Patel, K.-T. Khaw, S. Oakes, R. Luben, A. Welch, S. Bingham, et N.J. Wareham. 2002. « Physical Inactivity Is Associated with Lower Forced Expiratory Volume in 1 Second: European Prospective Investigation into Cancer-Norfolk Prospective Population Study ». *American Journal of Epidemiology* 156 (2): 139-47.
- Jamtvedt, G., R.D. Herbert, S. Flottorp, J. Odgaard-Jensen, K. Håvelsrud, A. Barratt, E. Mathieu, A. Burls, et A.D. Oxman. 2010. « A Pragmatic Randomised Trial of Stretching before and after Physical Activity to Prevent Injury and Soreness ». *British Journal of Sports Medicine* 44 (14): 1002-9.
- Janssen, I., et A.G. Leblanc. 2010. « Systematic Review of the Health Benefits of Physical Activity and Fitness in School-Aged Children and Youth ». *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 7: 40.
- Janz, K.F., Trudy L. Burns, S.M. Levy, et Iowa Bone Development Study. 2005. « Tracking of

- Activity and Sedentary Behaviors in Childhood: The Iowa Bone Development Study ». *American Journal of Preventive Medicine* 29 (3): 171-78.
- Janz, K.F., J.M. Gilmore, T.L. Burns, S.M. Levy, J.C. Torner, M.C. Willing, et T.A. Marshall. 2006. « Physical Activity Augments Bone Mineral Accrual in Young Children: The Iowa Bone Development Study ». *The Journal of Pediatrics* 148 (6): 793-99.
- Järvinen, T.A.H., P. Kannus, N. Maffulli, et K.M. Khan. 2005. « Achilles Tendon Disorders: Etiology and Epidemiology ». *Foot and Ankle Clinics* 10 (2): 255-66.
- Jenkinson, C., L. Wright, et A. Coulter. 1994. « Criterion Validity and Reliability of the SF-36 in a Population Sample ». *Quality of Life Research: An International Journal of Quality of Life Aspects of Treatment, Care and Rehabilitation* 3 (1): 7-12.
- Jensen, E., O. Dehlin, B. Hagberg, G. Samuelsson, et T. Svensson. 1998. « Insomnia in an 80-Year-Old Population: Relationship to Medical, Psychological and Social Factors ». *Journal of Sleep Research* 7 (3): 183-89.
- Jewett, K.A., et J.M. Krueger. 2012. « Humoral Sleep Regulation; Interleukin-1 and Tumor Necrosis Factor ». *Vitamins and Hormones* 89: 241-57.
- Ji, L. L. 2002. « Exercise-Induced Modulation of Antioxidant Defense ». *Annals of the New York Academy of Sciences* 959 (avril): 82-92.
- Johnsen, N. F., A. Ekblond, B.L. Thomsen, K. Overvad, et A. Tjønneland. 2013. « Leisure Time Physical Activity and Mortality ». *Epidemiology (Cambridge, Mass.)* 24 (5): 717-25.
- Johnson, C.C. 2009. « The Benefits of Physical Activity for Youth with Developmental Disabilities: A Systematic Review ». *American Journal of Health Promotion: AJHP* 23 (3): 157-67.
- Jokisch, Emily, Adriana Coletta, et Hollie A. Raynor. 2012. « Acute Energy Compensation and Macronutrient Intake Following Exercise in Active and Inactive Males Who Are Normal Weight ». *Appetite* 58 (2): 722-29.
- Jones, C.S., C. Christensen, et M. Young. 2000. « Weight Training Injury Trends: A 20-Year Survey ». *The Physician and Sportsmedicine* 28 (7): 61-72.
- Jones, Terry E., J. L. Basilio, P. M. Brophy, M. R. McCammon, and R. C. Hickner. 2009. « Long-term exercise training in overweight adolescents improves plasma peptide YY and resistin. » *Obesity (Silver Spring, Md.)* 17 (6):1189-1195.
- Juhl, M., P.K. Andersen, J. Olsen, M. Madsen, T. Jørgensen, E.A. Nøhr, et A.-M. Nybo Andersen. 2008. « Physical Exercise during Pregnancy and the Risk of Preterm Birth: A Study within the Danish National Birth Cohort ». *American Journal of Epidemiology* 167 (7): 859-66.
- Junge, A., K. Cheung, T. Edwards, et J. Dvorak. 2004. « Injuries in Youth Amateur Soccer and Rugby Players--Comparison of Incidence and Characteristics ». *British Journal of Sports Medicine* 38 (2): 168-72.
- Juonala, M., J.S.A. Viikari, M.Kähönen, L. Taittonen, T. Laitinen, N. Hutri-Kähönen, T. Lehtimäki, et al. 2010. « Life-Time Risk Factors and Progression of Carotid Atherosclerosis in Young Adults: The Cardiovascular Risk in Young Finns Study ». *European Heart Journal* 31 (14): 1745-51.
- Jurakić, D., Z. Pedišić, et Z. Greblo. 2010. « Physical Activity in Different Domains and Health-Related Quality of Life: A Population-Based Study ». *Quality of Life Research: An International Journal of Quality of Life Aspects of Treatment, Care and Rehabilitation* 19 (9): 1303-9.
- Jürimäe, T., V. Volbekiene, J. Jürimäe, et G.R. Tomkinson. 2007. « Changes in Eurofit Test Performance of Estonian and Lithuanian Children and Adolescents (1992-2002) ». *Medicine and Sport Science* 50: 129-42.
- Kadi, F., N. Charifi, C. Denis, et J. Lexell. 2004. « Satellite Cells and Myonuclei in Young and Elderly Women and Men ». *Muscle & Nerve* 29 (1): 120-27.
- Kaewthummanukul, T., et K.C. Brown. 2006. « Determinants of Employee Participation in Physical

- Activity: Critical Review of the Literature ». *AAOHN Journal: Official Journal of the American Association of Occupational Health Nurses* 54 (6): 249-61.
- Kafoury, R.M., W.A. Pryor, G.L. Squadrito, M.G. Salgo, X. Zou, et M. Friedman. 1999. « Induction of Inflammatory Mediators in Human Airway Epithelial Cells by Lipid Ozonation Products ». *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 160 (6): 1934-42.
- Kalak, N., M. Gerber, R. Kirov, T. Mikoteit, J. Yordanova, U. Pühse, E. Holsboer-Trachsler, et S. Brand. 2012. « Daily Morning Running for 3 Weeks Improved Sleep and Psychological Functioning in Healthy Adolescents Compared with Controls ». *The Journal of Adolescent Health: Official Publication of the Society for Adolescent Medicine* 51 (6): 615-22.
- Kallio, J., K. Sjøgaard, J. Avela, P. Komi, H. Selänne, et V. Linnamo. 2012. « Age-Related Decreases in Motor Unit Discharge Rate and Force Control during Isometric Plantar Flexion ». *Journal of Electromyography and Kinesiology: Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology* 22 (6): 983-89.
- Kambas, A., M. Michalopoulou, I.G. Fatouros, C. Christoforidis, E. Manthou, D. Giannakidou, F. Venetsanou, et al. 2012. « The relationship between motor proficiency and pedometer-determined physical activity in young children ». *Pediatr Exerc Sci* 24 (1): 34-44.
- Kanning, M., et W. Schlicht. 2010. « Be Active and Become Happy: An Ecological Momentary Assessment of Physical Activity and Mood ». *Journal of Sport & Exercise Psychology* 32 (2): 253-61.
- Kannus, P., M. Palvanen, J. Kaprio, J. Parkkari, et M. Koskenvuo. 1999. « Genetic Factors and Osteoporotic Fractures in Elderly People: Prospective 25 Year Follow up of a Nationwide Cohort of Elderly Finnish Twins ». *BMJ (Clinical Research Ed.)* 319 (7221): 1334-37.
- Kannus, P., H. Sievänen, et I. Vuori. 1996. « Physical Loading, Exercise, and Bone ». *Bone* 18 (1 Suppl): 1-3.
- Kaplowitz, P.B., E.J. Slora, R.C. Wasserman, S.E. Pedlow, et H. Giddens. 2001. « Earlier onset of puberty in girls: Relation to increased body mass index and race ». *Pediatrics* 108: 347-53.
- Kaptoge, S., L.I. Benevolenskaya, A.K. Bhalla, J.B. Cannata, S. Boonen, J.A. Falch, D. Felsenberg, et al. 2005. « Low BMD Is Less Predictive than Reported Falls for Future Limb Fractures in Women across Europe: Results from the European Prospective Osteoporosis Study ». *Bone* 36 (3): 387-98.
- Kararizou, E., P. Manta, N. Kalfakis, et D. Vassilopoulos. 2005. « Morphometric Study of the Human Muscle Spindle ». *Analytical and Quantitative Cytology and Histology / the International Academy of Cytology [and] American Society of Cytology* 27 (1): 1-4.
- Karasek, R.A., G. Gordon, C. Pietrokovsky, M. Frese, C. Pieper, C. Schwartz, J. Fry, et D. Schirer. 1985. *Job Content Questionnaire and User's Guide*. Lowell: University of Massachusetts Lowell.
- Karceski, S. 2012. « Preventing Alzheimer Disease with Exercise? ». *Neurology* 78 (17): 110-12.
- Karinkanta, S., A. Heinonen, H. Sievänen, K. Uusi-Rasi, M. Pasanen, K. Ojala, M. Fogelholm, et P. Kannus. 2007. « A Multi-Component Exercise Regimen to Prevent Functional Decline and Bone Fragility in Home-Dwelling Elderly Women: Randomized, Controlled Trial ». *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA* 18 (4): 453-62.
- Karvonen, M.J., E. Kentala, et O. Mustala. 1957. « The effects of training on heart rate; a longitudinal study ». *Ann Med Exp Biol Fenn* 35 (3): 307-15.
- Kasapis, C., et P.D. Thompson. 2005. « The Effects of Physical Activity on Serum C-Reactive Protein and Inflammatory Markers: A Systematic Review ». *Journal of the American College of Cardiology* 45 (10): 1563-69.
- Kasawara, K.T., C. Schneider Gannuny Burgos, S. Lira do Nascimento, N. Oliveira Ferreira, F. Garanhani Surita, et J. Luiz Pinto E Silva. 2013. « Maternal and Perinatal Outcomes of

- Exercise in Pregnant Women with Chronic Hypertension And/or Previous Preeclampsia: A Randomized Controlled Trial ». *ISRN Obstetrics and Gynecology* 2013: 857047.
- Kasawara, K.T., S.L. do Nascimento, M.L. Costa, F.G. Surita, et J.L. Pinto. 2012. « Exercise and physical activity in the prevention of pre-eclampsia: systematic review ». *Acta Obstet Gynecol Scand* 91 (10): 1147-57.
- Katsouyanni, K., J.M. Samet, H.R. Anderson, R. Atkinson, A. Le Tertre, S. Medina, E. Samoli, et al. 2009. « Air Pollution and Health: A European and North American Approach (APHENA) ». *Research Report (Health Effects Institute)*, n° 142 (octobre): 5-90.
- Katzmarzyk, P.T. 2014. « Standing and Mortality in a Prospective Cohort of Canadian Adults ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 46 (5): 940-46.
- Katzmarzyk, P.T., T.S. Church, C.L. Craig, et C. Bouchard. 2009. « Sitting Time and Mortality from All Causes, Cardiovascular Disease, and Cancer ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 41 (5): 998-1005.
- Katzmarzyk, P.T., E. Mire, G.A. Bray, F.L. Greenway, S.B. Heymsfield, et C. Bouchard. 2013. « Anthropometric Markers of Obesity and Mortality in White and African American Adults: The Pennington Center Longitudinal Study ». *Obesity (Silver Spring, Md.)* 21 (5): 1070-75.
- Kavazis, A.N. 2009. « Exercise Preconditioning of the Myocardium ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 39 (11): 923-35.
- Kavouras, S.A., S.E. Sarras, Y.E. Tsekouras, et L.S. Sidossis. 2008. « Assessment of energy expenditure in children using the RT3 accelerometer. » *J Sports Sci* 26 (9): 959-66.
- Kayes, N.M., et K.M. McPherson. 2010. « Measuring What Matters: Does "Objectivity" Mean Good Science? » *Disability and Rehabilitation* 32 (12): 1011-19.
- Kazakia, G.J., E.A. Nauman, D.M. Ebenstein, B.P. Halloran, et T.M. Keaveny. 2006. « Effects of in Vitro Bone Formation on the Mechanical Properties of a Trabeculated Hydroxyapatite Bone Substitute ». *Journal of Biomedical Materials Research. Part A* 77 (4): 688-99.
- Keawutan, P., K. Bell, P.S. W. Davies, et R.N. Boyd. 2014. « Systematic Review of the Relationship between Habitual Physical Activity and Motor Capacity in Children with Cerebral Palsy ». *Research in Developmental Disabilities* 35 (6): 1301-9.
- Kelishadi, R., E.M. Razaghi, M.M. Gouya, G. Ardalan, R. Gheiratmand, A. Delavari, M. Motaghian, et al. 2007. « Association of physical activity and the metabolic syndrome in children and adolescents: CASPIAN study ». *Horm Res* 67: 46-52.
- Kelley, G.A., et K.S. Kelley. 2006. « Exercise and Bone Mineral Density at the Femoral Neck in Postmenopausal Women: A Meta-Analysis of Controlled Clinical Trials with Individual Patient Data ». *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 194 (3): 760-67.
- Kelley, G.A., K.S. Kelley, et W.M. Kohrt. 2012. « Effects of Ground and Joint Reaction Force Exercise on Lumbar Spine and Femoral Neck Bone Mineral Density in Postmenopausal Women: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials ». *BMC Musculoskeletal Disorders* 13: 177.
- Kelly, K.M., N.L. Nadon, J.H. Morrison, O. Thibault, C.A. Barnes, et E.M. Blalock. 2006. « The Neurobiology of Aging ». *Epilepsy Research* 68 Suppl 1 (janvier): 5-20.
- Kelly, L.A., J.J. Reilly, A. Fisher, C. Montgomery, A. Williamson, J.H. McColl, J.Y. Paton, et S. Grant. 2006. « Effect of socio-economic status on objectively measured physical activity ». *Arch Dis Child* 91: 35-38.
- Kelly, S.A., D.L. Nehrenberg, K. Hua, T. Garland, et D. Pomp. 2012. « Functional Genomic Architecture of Predisposition to Voluntary Exercise in Mice: Expression QTL in the Brain ». *Genetics* 191 (2): 643-54.
- Kelly, S.A., et D. Pomp. 2013. « Genetic Determinants of Voluntary Exercise ». *Trends in Genetics: TIG* 29 (6): 348-57.
- Kemper, H.C., J. Snel, R. Verschuur, et L. Storm-van Essen. 1990. « Tracking of Health and Risk Indicators of Cardiovascular Diseases from Teenager to Adult: Amsterdam Growth and

- Health Study ». *Preventive Medicine* 19 (6): 642-55.
- Kennedy, J.W., M.F. Hirshman, E.V. Gervino, J.V. Ocel, R.A. Forse, S.J. Hoenig, D.Aronson, L. J. Goodyear, et E.S. Horton. 1999. « Acute Exercise Induces GLUT4 Translocation in Skeletal Muscle of Normal Human Subjects and Subjects with Type 2 Diabetes ». *Diabetes* 48 (5): 1192-97.
- Kennelly, M.M., M. Geary, N. McCaffrey, P. McLoughlin, A. Staines, et P. McKenna. 2002. « Exercise-related changes in umbilical and uterine artery waveforms as assessed by Doppler ultrasound scans. » *Am J Obstet Gynecol* 187: 661-66.
- Kerr, D., A. Morton, I. Dick, et R. Prince. 1996. « Exercise Effects on Bone Mass in Postmenopausal Women Are Site-Specific and Load-Dependent ». *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 11 (2): 218-25.
- Kerr, J., G.J. Norman, M.A. Adams, S. Ryan, L. Frank, J.F. Sallis, K. J. Calfas, et K. Patrick. 2010. « Do neighborhood environments moderate the effect of physical activity lifestyle interventions in adults? » *Health Place*. 16 (5): 903-8.
- Kesse-Guyot, E., V.A. Andreeva, C. Lassale, S. Hercberg, et P. Galan. 2014. « Clustering of Midlife Lifestyle Behaviors and Subsequent Cognitive Function: A Longitudinal Study ». *American Journal of Public Health* 104 (11): 170-77.
- Kesse-Guyot, E., H. Charreire, V.A. Andreeva, M. Touvier, S. Hercberg, P. Galan, et J.-M. Oppert. 2012. « Cross-Sectional and Longitudinal Associations of Different Sedentary Behaviors with Cognitive Performance in Older Adults ». *PloS One* 7 (10): e47831.
- Kettunen, J.A., U.M. Kujala, J. Kaprio, M. Koskenvuo, et S. Sarna. 2001. « Lower-Limb Function among Former Elite Male Athletes ». *The American Journal of Sports Medicine* 29 (1): 2-8.
- Keum, N., W. Ju, D.H. Lee, E.L. Ding, C.C. Hsieh, J.E. Goodman, et E.L. Giovannucci. 2014. « Leisure-Time Physical Activity and Endometrial Cancer Risk: Dose-Response Meta-Analysis of Epidemiological Studies ». *International Journal of Cancer. Journal International Du Cancer* 135 (3): 682-94.
- Khan, K.M., A.M. Thompson, S.N. Blair, J.F. Sallis, K.E. Powell, F.C. Bull, et A.E. Bauman. 2012. « Sport and Exercise as Contributors to the Health of Nations ». *Lancet (London, England)* 380 (9836): 59-64.
- Khan, K., H.A. McKay, H. Haapasalo, K.L. Bennell, M.R. Forwood, P. Kannus, et J.D. Wark. 2000. « Does Childhood and Adolescence Provide a Unique Opportunity for Exercise to Strengthen the Skeleton? » *Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia* 3 (2): 150-64.
- Khosla, S., J.J. Westendorf, et M.J. Oursler. 2008. « Building Bone to Reverse Osteoporosis and Repair Fractures ». *The Journal of Clinical Investigation* 118 (2): 421-28.
- Kim, H.J., S. Lee, T.W. Kim, H. H. Kim, T.Y. Jeon, Y.S. Yoon, S.W. Oh, H. Kwak, et J.G. Lee. 2008. « Effects of Exercise-Induced Weight Loss on Acylated and Unacylated Ghrelin in Overweight Children ». *Clinical Endocrinology* 68 (3): 416-22.
- Kim, Y., M.W. Beets, R.R. Pate, et S.N. Blair. 2012. « The effect of reintegrating Actigraph accelerometer counts in preschool children: Comparison using different epoch lengths ». *J Sci Med Sport* 16 (2): 129-34
- Kim, Y., M.W. Beets, et G.J. Welk. 2012. « Everything You Wanted to Know about Selecting the "Right" Actigraph Accelerometer Cut-Points for Youth, But...: A Systematic Review ». *Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia* 15 (4): 311-21.
- King, A.C., J.H. Goldberg, J. Salmon, N. Owen, D. Dunstan, D. Weber, C. Doyle, et T.N. Robinson. 2010. « Identifying Subgroups of U.S. Adults at Risk for Prolonged Television Viewing to Inform Program Development ». *American Journal of Preventive Medicine* 38 (1): 17-26.
- King, N. A., M. Hopkins, P. Caudwell, R. J. Stubbs, and J. E. Blundell. 2008. « Individual variability following 12 weeks of supervised exercise: identification and characterization of

- compensation for exercise-induced weight loss ». *International Journal of Obesity* (2005) 32 (1):177-184.
- King, A.C., K.N. Parkinson, A.J. Adamson, L. Murray, H. Besson, J.J. Reilly, et L. Basterfield. 2011. « Correlates of objectively measured physical activity and sedentary behaviour in English children ». *Eur J Public Health* 4: 424-31.
- King, C.R., K.L. Knutson, P.J. Rathouz, S. Sidney, K. Liu, et D.S. Lauderdale. 2008. « Short Sleep Duration and Incident Coronary Artery Calcification ». *JAMA* 300 (24): 2859-66.
- King, D.P., et J.S. Takahashi. 2000. « Molecular Genetics of Circadian Rhythms in Mammals ». *Annual Review of Neuroscience* 23: 713-42.
- King, J.A., L.K. Wasse, et D.J. Stensel. 2013. « Acute Exercise Increases Feeding Latency in Healthy Normal Weight Young Males but Does Not Alter Energy Intake ». *Appetite* 61 (1): 45-51.
- King, N.A., A. Lluch, R.J. Stubbs, et J.E. Blundell. 1997. « High Dose Exercise Does Not Increase Hunger or Energy Intake in Free Living Males ». *European Journal of Clinical Nutrition* 51 (7): 478-83.
- Kilpeläinen, T.O., L. Qi, S. Brage, S.J. Sharp, et al. 2011. « Physical activity attenuates the influence of FTO variants on obesity risk: a meta-analysis of 218,166 adults and 19,268 children ». *PLoS Med.* 8(11):e1001116.
- Kirkendall, D.T., et W.E. Garrett. 1998. « The Effects of Aging and Training on Skeletal Muscle ». *The American Journal of Sports Medicine* 26 (4): 598-602.
- Kirk, M.A., et R.E. Rhodes. 2011. « Occupation correlates of adults' participation in leisure-time physical activity: a systematic review ». *American Journal of Preventive Medicine* 40 (4): 476-85.
- Kissileff, H.R., F.X. Pi-Sunyer, K. Segal, S. Meltzer, et P.A. Foelsch. 1990. « Acute Effects of Exercise on Food Intake in Obese and Nonobese Women ». *The American Journal of Clinical Nutrition* 52 (2): 240-45.
- Klavestrand, J., et E. Vingård. 2009. « The Relationship between Physical Activity and Health-Related Quality of Life: A Systematic Review of Current Evidence ». *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 19 (3): 300-312.
- Kleinman, M.T., D.M. Davidson, R.B. Vandagriff, V.J. Caiozzo, et J.L. Whittenberger. 1989. « Effects of Short-Term Exposure to Carbon Monoxide in Subjects with Coronary Artery Disease ». *Archives of Environmental Health* 44 (6): 361-69.
- Klein-Platat, C, M. Oujaa, A. Wagner, M.-C. Haan, D. Arveiler, J.-L. Schlienger, et C. Simon. 2005. « Physical activity is inversely related to waist circumference in 12-y-old French adolescents ». *Int J Obes* 29 (1): 9-14.
- Klesges, R.C., L.H. Eck, C.L. Hanson, C.K. Haddock, et L.M. Klesges. 1990. « Effects of obesity, social interactions, and physical environment on physical activity in preschoolers ». *Health Psychol* 9: 435-49.
- Klesges, R.C., K.D. Ward, M.L. Shelton, W.B. Applegate, E.D. Cantler, G.M. Palmieri, K. Harmon, et J. Davis. 1996. « Changes in bone mineral content in male athletes. Mechanisms of action and intervention effects ». *JAMA* 276: 226-30.
- Klingenberg, L., J.-P. Chaput, U. Holmbäck, P. Jennum, A. Astrup, et A. Sjödén. 2012. « Sleep Restriction Is Not Associated with a Positive Energy Balance in Adolescent Boys ». *The American Journal of Clinical Nutrition* 96 (2): 240-48.
- Klingenberg, L., A. Sjödén, U. Holmbäck, A. Astrup, et J.-P. Chaput. 2012. « Short Sleep Duration and Its Association with Energy Metabolism ». *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity* 13 (7): 565-77.
- Klügl, M., I. Shrier, K. McBain, R. Shultz, W.H. Meeuwisse, D. Garza, et G.O. Matheson. 2010. « The Prevention of Sport Injury: An Analysis of 12,000 Published Manuscripts ». *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine* 20

(6): 407-12.

- Knight, J.A., S.Thompson, J.M. Raboud, et B.R. Hoffman. 2005. « Light and Exercise and Melatonin Production in Women ». *American Journal of Epidemiology* 162 (11): 1114-22.
- Knowler, W.C., E. Barrett-Connor, S.E. Fowler, R.F. Hamman, J.M. Lachin, E.A. Walker, D.M. Nathan, et Diabetes Prevention Program Research Group. 2002. « Reduction in the Incidence of Type 2 Diabetes with Lifestyle Intervention or Metformin ». *The New England Journal of Medicine* 346 (6): 393-403.
- Ko, C.-Y., K.-L. Ku, S.-R. Yang, T.-Y. Lin, S. Peng, Y.-S. Peng, M.-H. Cheng, et I.-M. Chu. 2013. « In Vitro and in Vivo Co-Culture of Chondrocytes and Bone Marrow Stem Cells in Photocrosslinked PCL-PEG-PCL Hydrogels Enhances Cartilage Formation ». *Journal of Tissue Engineering and Regenerative Medicine*, novembre.
- Ko, K.D., K.Y. Lee, B. Cho, M.S. Park, K.Y. Son, J.H.Ha, et S.M. Park. 2011. « Disparities in Health-Risk Behaviors, Preventive Health Care Utilizations, and Chronic Health Conditions for People with Disabilities: The Korean National Health and Nutrition Examination Survey ». *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 92 (8): 1230-37.
- Kodama, S., K. Saito, S. Tanaka, M. Maki, Y. Yachi, M. Asumi, A. Sugawara, et al. 2009. « Cardiorespiratory Fitness as a Quantitative Predictor of All-Cause Mortality and Cardiovascular Events in Healthy Men and Women: A Meta-Analysis ». *JAMA* 301 (19): 2024-35.
- Koeneman, M.A, M.W Verheijden, M.J.M. Chinapaw, et M. Hopman-Rock. 2011. « Determinants of physical activity and exercise in healthy older adults: A systematic review ». *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 8 (décembre): 142.
- Koeneman, M., M.Chinapaw, M. Verheijden, T. Tilburg, M. Visser, D. Deeg, et M. Hopman-Rock. 2012. « Do major life events influence physical activity among older adults: the Longitudinal Aging Study Amsterdam ». *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 9 (1).
- Kohatsu, N.D., et D.J. Schurman. 1990. « Risk Factors for the Development of Osteoarthritis of the Knee ». *Clinical Orthopaedics and Related Research*, n° 261 (décembre): 242-46.
- Kohl, H.W., et K. Hobbs. 1998. « Development of physical activity behaviors among children and adolescents ». *Pediatrics* 101 (3): 549-54.
- Kohn, P.M., et J.E. Macdonald. 1992. « The Survey of Recent Life Experiences: A Decontaminated Hassles Scale for Adults ». *Journal of Behavioral Medicine* 15 (2): 221-36.
- Kohrt, Wendy M., Susan A. Bloomfield, Kathleen D. Little, Miriam E. Nelson, Vanessa R. Yingling, and Medicine American College of Sports. 2004. "American College of Sports Medicine Position Stand: physical activity and bone health." *Medicine and science in sports and exercise* 36 (11):1985-1996.
- Kokubo, Y. 2012. « Traditional Risk Factor Management for Stroke: A Never-Ending Challenge for Health Behaviors of Diet and Physical Activity ». *Current Opinion in Neurology* 25 (1): 11-17.
- Konishi, M., M. Takahashi, N. Endo, S. Numao, S. Takagi, M. Miyashita, T. Midorikawa, K. Suzuki, et S. Sakamoto. 2013. « Effects of Sleep Deprivation on Autonomic and Endocrine Functions throughout the Day and on Exercise Tolerance in the Evening ». *Journal of Sports Sciences* 31 (3): 248-55.
- Konradsen, L., E.M. Hansen, et L. Søndergaard. 1990. « Long Distance Running and Osteoarthritis ». *The American Journal of Sports Medicine* 18 (4): 379-81.
- Konradsen, L., et J.B. Ravn. 1991. « Prolonged Peroneal Reaction Time in Ankle Instability ». *International Journal of Sports Medicine* 12 (3): 290-92.
- Koopman, R., et L.J.C. van Loon. 2009. « Aging, Exercise, and Muscle Protein Metabolism ». *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)* 106 (6): 2040-48.
- Koplan, J.P., D.S. Siscovick, et G.M. Goldbaum. 1985. « The Risks of Exercise: A Public Health

- View of Injuries and Hazards ». *Public Health Reports (Washington, D.C.: 1974)* 100 (2): 189-95.
- Kopp, M.S., B.K. Thege, P. Balog, A. Stauder, G. Salavec, S. Rózsa, G. Purebl, et S. Adám. 2010. « Measures of Stress in Epidemiological Research ». *Journal of Psychosomatic Research* 69 (2): 211-25.
- Koren, D., L.E. L. Katz, P.C. Brar, P.R. Gallagher, R.I. Berkowitz, et L.J. Brooks. 2011. « Sleep Architecture and Glucose and Insulin Homeostasis in Obese Adolescents ». *Diabetes Care* 34 (11): 2442-47.
- Korpelainen, R., S. Keinanen-Kiukaanniemi, J. Heikkinen, K. Vaananen, et J. Korpelainen. 2006. « Effect of impact exercise on bone mineral density in elderly women with low BMD: a population-based randomized controlled 30-month intervention ». *Osteoporos.Int* 17 (1): 109-18.
- Koster, A., P. Caserotti, K.V. Patel, C.E. Matthews, D. Berrigan, D.R. van Domelen, R.J. Brychta, K.Y. Chen, et T.B. Harris. 2012. « Association of Sedentary Time with Mortality Independent of Moderate to Vigorous Physical Activity ». *PloS One* 7 (6): e37696.
- Koteja, P., T.J. Garland, J.K. Sax, J.G. Swallow, et P.A. Carter. 1999. « Behaviour of House Mice Artificially Selected for High Levels of Voluntary Wheel Running ». *Animal Behaviour* 58 (6): 1307-18.
- Koteja, P., J.G. Swallow, P.A. Carter, et T. Garland. 2003. « Different Effects of Intensity and Duration of Locomotor Activity on Circadian Period ». *Journal of Biological Rhythms* 18 (6): 491-501.
- Koulmann, N., S. Banzet, et A.X. Bigard. 2003. « [Physical activity in the heat: physiology of hydration recommendations] ». *Médecine Tropicale: Revue Du Corps De Santé Colonial* 63 (6): 617-26.
- Kowalski, K.C., P.R. Crocker, et N.P. Kowalski. 1997. « Convergent Validity of the physical activity questionnaire for adolescents ». *Pediatr Exerc Sci* 9: 342-52.
- Kozo, J., J.F. Sallis, T.L. Conway, J.Kerr, K. Cain, B.E. Saelens, L.D. Frank, et N. Owen. 2012. « Sedentary Behaviors of Adults in Relation to Neighborhood Walkability and Income ». *Health Psychology: Official Journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association* 31 (6): 704-13.
- Kraemer, R.R., et V.D. Castracane. 2007. « Exercise and Humoral Mediators of Peripheral Energy Balance: Ghrelin and Adiponectin ». *Experimental Biology and Medicine (Maywood, N.J.)* 232 (2): 184-94.
- Kramer, M.S., et S.W. McDonald. 2006. « Aerobic Exercise for Women during Pregnancy ». *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, n° 3: CD000180.
- Kramer, M.S., I. Morin, H. Yang, R.W. Platt, R. Usher, H. McNamara, K.S. Joseph, et S.W. Wen. 2002. « Why are babies getting bigger? Temporal trends in fetal growth and its determinants ». *J Pediatr* 141 (4): 538-42.
- Kräuchi, K. 2007. « The Human Sleep-Wake Cycle Reconsidered from a Thermoregulatory Point of View ». *Physiology & Behavior* 90 (2-3): 236-45.
- Kraus, W.E., J.A. Houmard, B.D. Duscha, K.J. Knetzger, M.B. Wharton, J.S. McCartney, C.W. Bales, et al. 2002. « Effects of the amount and intensity of exercise on plasma lipoproteins. » *N Engl J Med* 347: 1483-92.
- Kriemler, S., H. Hebestreit, S. Mikami, T. Bar-Or, B.V. Ayub, et O. Bar-Or. 1999. « Impact of a Single Exercise Bout on Energy Expenditure and Spontaneous Physical Activity of Obese Boys ». *Pediatric Research* 46 (1): 40-44.
- Kriemler, S., L. Zahner, C. Schindler, U. Meyer, T. Hartmann, H. Hebestreit, H. Peter Brunner-La Rocca, W. van Mechelen, et J.J. Puder. 2010. « Effect of School Based Physical Activity Programme (KISS) on Fitness and Adiposity in Primary Schoolchildren: Cluster Randomised Controlled Trial ». *BMJ (Clinical Research Ed.)* 340: 8 p.

- Kripke, D.F., R.N. Simons, L. Garfinkel, et E.C. Hammond. 1979. « Short and Long Sleep and Sleeping Pills. Is Increased Mortality Associated? » *Archives of General Psychiatry* 36 (1): 103-16.
- Krishnaveni, G.V., I.C. Mills, S.R. Veena, S.A. Wootton, A.K. Wills, P.J. Coakley, D.J. Fisher, S.Shobha, S.C. Karat, et C.H. Fall. 2009. « Accelerometers for measuring physical activity behavior in Indian children ». *Indian Pediatr* 46 (12): 1055-62.
- Krueger, J.M. 2008. « The Role of Cytokines in Sleep Regulation ». *Current Pharmaceutical Design* 14 (32): 3408-16.
- Krueger, J.M., J. Fang, M.K. Hansen, J. Zhang, et F. Obál. 1998. « Humoral Regulation of Sleep ». *News in Physiological Sciences: An International Journal of Physiology Produced Jointly by the International Union of Physiological Sciences and the American Physiological Society* 13 (août): 189-94.
- Krueger, J.M., D.M. Rector, S. Roy, H.P.A. van Dongen, G. Belenky, et J. Panksepp. 2008. « Sleep as a Fundamental Property of Neuronal Assemblies ». *Nature Reviews. Neuroscience* 9 (12): 910-19.
- Krueger, J. M., et L. Johannsen. 1989. « Bacterial Products, Cytokines and Sleep ». *The Journal of Rheumatology. Supplement* 19 (novembre): 52-57.
- Krug, R., J. Carballido-Gamio, A.J. Burghardt, G. Kazakia, B.H. Hyun, B. Jobke, S. Banerjee, M. Huber, T.M. Link, et S. Majumdar. 2008. « Assessment of Trabecular Bone Structure Comparing Magnetic Resonance Imaging at 3 Tesla with High-Resolution Peripheral Quantitative Computed Tomography Ex Vivo and in Vivo ». *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA* 19 (5): 653-61.
- Kubitz, K.A., D.M. Landers, S.J. Petruzzello, et M. Han. 1996. « The Effects of Acute and Chronic Exercise on Sleep. A Meta-Analytic Review ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 21 (4): 277-91.
- Kujala, U.M., J. Kaprio, P. Kannus, S. Sarna, et M. Koskenvuo. 2000. « Physical Activity and Osteoporotic Hip Fracture Risk in Men ». *Archives of Internal Medicine* 160 (5): 705-8.
- Kujala, U.M., J. Kaprio, et S. Sarna. 1994. « Osteoarthritis of Weight Bearing Joints of Lower Limbs in Former élite Male Athletes ». *BMJ (Clinical Research Ed.)* 308 (6923): 231-34.
- Kujala, U.M., J. Kettunen, H. Paananen, T. Aalto, M.C. Battié, O. Impivaara, T. Videman, et S. Sarna. 1995. « Knee Osteoarthritis in Former Runners, Soccer Players, Weight Lifters, and Shooters ». *Arthritis and Rheumatism* 38 (4): 539-46.
- Kuoppala, J., A. Lamminpää, et P. Husman. 2008. « Work Health Promotion, Job Well-Being, and Sickness Absences--a Systematic Review and Meta-Analysis ». *Journal of Occupational and Environmental Medicine / American College of Occupational and Environmental Medicine* 50 (11): 1216-27.
- Kvaavik, E., K.-I. Klepp, G.S. Tell, H.E. Meyer, et G.D. Batty. 2009. « Physical Fitness and Physical Activity at Age 13 Years as Predictors of Cardiovascular Disease Risk Factors at Ages 15, 25, 33, and 40 Years: Extended Follow-up of the Oslo Youth Study ». *Pediatrics* 123 (1): 80-86.
- Kwan, P. 2013. « Sarcopenia, a Neurogenic Syndrome? » *Journal of Aging Research* 2013: 791679.
- Laaksonen, D.E., J. Lindstrom, T.A. Lakka, J.G. Eriksson, L. Niskanen, K. Wikstrom, S. Aunola, et al. 2005. « Physical activity in the prevention of type 2 diabetes: the Finnish diabetes prevention study ». *Diabetes*. 54 (1): 158-65.
- Laan, D.J., H.J. Leidy, E. Lim, et W.W. Campbell. 2010. « Effects and Reproducibility of Aerobic and Resistance Exercise on Appetite and Energy Intake in Young, Physically Active Adults ». *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 35 (6): 842-47.
- Lafontan, M. 2011. « Rein, tissu adipeux, adipocytes – quelles nouveautés ? » *Néphrologie &*

Thérapeutique 7 (2): 69-79.

- Lahti, J., M.Laaksonen, E. Lahelma, et O. Rahkonen. 2011. « Changes in leisure-time physical activity after transition to retirement: a follow-up study ». *The international journal of behavioral nutrition and physical activity* 8: 36.
- Laing, E.M., A.R. Wilson, C.M. Modlesky, P.J. O'Connor, D.B. Hall, et R.D. Lewis. 2005. « Initial Years of Recreational Artistic Gymnastics Training Improves Lumbar Spine Bone Mineral Accrual in 4- to 8-Year-Old Females ». *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 20 (3): 509-19.
- Lakshman, R., V. Mazarello Paes, K. Hesketh, C. O'Malley, H. Moore, K. Ong, S. Griffin, E. van Sluijs, et C. Summerbell. 2013. « Protocol for Systematic Reviews of Determinants/correlates of Obesity-Related Dietary and Physical Activity Behaviors in Young Children (preschool 0 to 6 Years): Evidence Mapping and Syntheses ». *Systematic Reviews* 2: 28.
- Lambiase, M.J., et R.C. Thurston. 2013. « Physical Activity and Sleep among Midlife Women with Vasomotor Symptoms ». *Menopause (New York, N.Y.)* 20 (9): 946-52.
- Lammi, M.J., T.P. Häkkinen, J.J. Parkkinen, M. Hyttinen, M. Jortikka, H.J. Helminen, et M. Tammi. 1993. « Effects of Long-Term Running Exercise on Canine Femoral Head Articular Cartilage ». *Agents and Actions. Supplements* 39: 95-99.
- Lamonte, M.J., et B.E. Ainsworth. 2001. « Quantifying Energy Expenditure and Physical Activity in the Context of Dose Response ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33 (6 Suppl): 370-78.
- Lampinen, P., R.L. Heikkinen, et I. Ruoppila. 2000. « Changes in Intensity of Physical Exercise as Predictors of Depressive Symptoms among Older Adults: An Eight-Year Follow-Up ». *Preventive Medicine* 30 (5): 371-80.
- Landolfi, E. 2013. « Exercise Addiction ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 43 (2): 111-19.
- Lane, N. 2006. « Osteoporosis: Is There a Rational Approach to Fracture Prevention? ». *Bulletin of the NYU Hospital for Joint Diseases* 64 (1-2): 67-71.
- Lane, N.E., D.A. Bloch, H.H. Jones, W.H. Marshall, P.D. Wood, et J.F. Fries. 1986. « Long-Distance Running, Bone Density, and Osteoarthritis ». *JAMA* 255 (9): 1147-51.
- Lane, N.E., et J.A. Buckwalter. 1999. « Exercise and Osteoarthritis ». *Current Opinion in Rheumatology* 11 (5): 413-16.
- Lane, N.E., B. Michel, A. Bjorkengren, J. Oehlert, H. Shi, D.A. Bloch, et J.F. Fries. 1993. « The Risk of Osteoarthritis with Running and Aging: A 5-Year Longitudinal Study ». *The Journal of Rheumatology* 20 (3): 461-68.
- Lane, N.E., J.W. Oehlert, D.A. Bloch, et J.F. Fries. 1998. « The Relationship of Running to Osteoarthritis of the Knee and Hip and Bone Mineral Density of the Lumbar Spine: A 9 Year Longitudinal Study ». *The Journal of Rheumatology* 25 (2): 334-41.
- Lange-Asschenfeldt, C., et G. Kojda. 2008. « Alzheimer's Disease, Cerebrovascular Dysfunction and the Benefits of Exercise: From Vessels to Neurons ». *Experimental Gerontology* 43 (6): 499-504.
- Langley, B., M. Thomas, A. Bishop, M. Sharma, S. Gilmour, et R. Kambadur. 2002. « Myostatin Inhibits Myoblast Differentiation by down-Regulating MyoD Expression ». *The Journal of Biological Chemistry* 277 (51): 49831-40.
- Lanki, T., J.J. de Hartog, J. Heinrich, G. Hoek, N.A.H. Janssen, A. Peters, M. Stölzel, et al. 2006. « Can We Identify Sources of Fine Particles Responsible for Exercise-Induced Ischemia on Days with Elevated Air Pollution? The ULTRA Study ». *Environmental Health Perspectives* 114 (5): 655-60.
- Larose, J., P. Boulay, H.E. Wright-Beatty, R.J. Sigal, S. Hardcastle, et G.P. Kenny. 2014. « Age-Related Differences in Heat Loss Capacity Occur under Both Dry and Humid Heat Stress Conditions ». *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)* 117 (1): 69-79.

- Larose, J., H.E. Wright, J. Stapleton, R.J. Sigal, P. Boulay, S. Hardcastle, et G.P. Kenny. 2013. « Whole Body Heat Loss Is Reduced in Older Males during Short Bouts of Intermittent Exercise ». *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 305 (6): 619-29.
- Larsen, K., F. Weidich, et C. Leboeuf. 2002. « Can Custom-Made Biomechanic Shoe Orthoses Prevent Problems in the Back and Lower Extremities? A Randomized, Controlled Intervention Trial of 146 Military Conscripts ». *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* 25 (5): 326-31.
- Larson, E.B., L.I. Wang, J. Bowen, W.C. McCormick, L. Teri, P. Crane, et W. Kukull. 2006. « Exercise is associated with reduced risk for incident dementia among persons 65 years of age and older ». *Ann. Intern. Med.* 144 (2): 73-81.
- Larsson, L., et P.G. Lindqvist. 2005. « Low-impact exercise during pregnancy--a study of safety ». *Acta Obstet Gynecol Scand* 84: 34-38.
- Laskin, D.L., K.J. Pendino, C.J. Punjabi, M. Rodriguez del Valle, et J. D. Laskin. 1994. « Pulmonary and Hepatic Effects of Inhaled Ozone in Rats ». *Environmental Health Perspectives* 102 Suppl 10 (décembre): 61-64.
- Lau, E. C., C. Cooper, D. Lam, V.N. Chan, K.K. Tsang, et A. Sham. 2000. « Factors Associated with Osteoarthritis of the Hip and Knee in Hong Kong Chinese: Obesity, Joint Injury, and Occupational Activities ». *American Journal of Epidemiology* 152 (9): 855-62.
- Lauer, H. 2006. *The new Americans: defining ourselves through sports and fitness participation.* Edited by American SportsData Inc. Boston.
- Laure, P., et C. Binsinger. 2009. « L'activité physique et sportive régulière : un déterminant des résultats scolaires au collège ». *Science & Sports* 24 (1): 31-35.
- Laurin, D., R. Verreault, J. Lindsay, K. MacPherson, et K. Rockwood. 2001. « Physical Activity and Risk of Cognitive Impairment and Dementia in Elderly Persons ». *Archives of Neurology* 58 (3): 498-504.
- Lau, Y.-S., G. Patki, K. Das-Panja, W.-D. Le, et S.O. Ahmad. 2011. « Neuroprotective Effects and Mechanisms of Exercise in a Chronic Mouse Model of Parkinson's Disease with Moderate Neurodegeneration ». *The European Journal of Neuroscience* 33 (7): 1264-74.
- Lavie, C.J., R.V. Milani, S.M. Artham, D.A. Patel, et H.O. Ventura. 2009. « The Obesity Paradox, Weight Loss, and Coronary Disease ». *The American Journal of Medicine* 122 (12): 1106-14.
- Lawes, C.M.M., D.A. Bennett, V.L. Feigin, et A. Rodgers. 2004. « Blood Pressure and Stroke: An Overview of Published Reviews ». *Stroke; a Journal of Cerebral Circulation* 35 (3): 776-85.
- Law, M., T. Petrenchik, G. King, et P. Hurley. 2007. « Perceived Environmental Barriers to Recreational, Community, and School Participation for Children and Youth with Physical Disabilities ». *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 88 (12): 1636-42.
- Lax, P., S. Zamora, et J.A. Madrid. 1998. « Coupling Effect of Locomotor Activity on the Rat's Circadian System ». *The American Journal of Physiology* 275 (2 Pt 2): 580-87.
- Lazzer, S., Y. Boirie, C. Poissonnier, I. Petit, P. Duché, M. Taillardat, M. Meyer, et M. Vermorel. 2005. « Longitudinal Changes in Activity Patterns, Physical Capacities, Energy Expenditure, and Body Composition in Severely Obese Adolescents during a Multidisciplinary Weight-Reduction Program ». *International Journal of Obesity (2005)* 29 (1): 37-46.
- Leatherdale, S.T. 2010. « Factors associated with communication-based sedentary behaviors among youth: are talking on the phone, texting, and instant messaging new sedentary behaviors to be concerned about? » *J Adolesc Health* 47 (3): 315-18.
- Leblanc, A.D., V.S. Schneider, H.J. Evans, D.A. Engelbretson, et J.M. Krebs. 1990. « Bone Mineral Loss and Recovery after 17 Weeks of Bed Rest ». *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 5 (8): 843-50.

- LeBlanc, A.G., J.C. Spence, V. Carson, S. Connor Gorber, C. Dillman, I. Janssen, M.E. Kho, J.A. Stearns, B.W. Timmons, et M.S. Tremblay. 2012. « Systematic Review of Sedentary Behaviour and Health Indicators in the Early Years (aged 0-4 Years) ». *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 37 (4): 753-72.
- Ledin, T., A.C. Kronhed, C. Möller, M. Möller, L.M. Odkvist, et B. Olsson. 1990. « Effects of Balance Training in Elderly Evaluated by Clinical Tests and Dynamic Posturography ». *Journal of Vestibular Research: Equilibrium & Orientation* 1 (2): 129-38.
- Lee, A.J., et W.M. Garraway. 1996. « Epidemiological Comparison of Injuries in School and Senior Club Rugby ». *British Journal of Sports Medicine* 30 (3): 213-17.
- Lee, C.D., A.R. Folsom, et S.N. Blair. 2003a. « Physical Activity and Stroke Risk: A Meta-Analysis ». *Stroke; a Journal of Cerebral Circulation* 34 (10): 2475-81.
- Lee, C.E., A. McArdle, et R.D. Griffiths. 2007. « The Role of Hormones, Cytokines and Heat Shock Proteins during Age-Related Muscle Loss ». *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)* 26 (5): 524-34.
- Lee, D.-C., X. Sui, F.B. Ortega, Y.-S. Kim, T.S. Church, R.A. Winett, U. Ekelund, P.T. Katzmarzyk, et S.N. Blair. 2011. « Comparisons of Leisure-Time Physical Activity and Cardiorespiratory Fitness as Predictors of All-Cause Mortality in Men and Women ». *British Journal of Sports Medicine* 45 (6): 504-10.
- Lee, D.T., et T.K. Chung. 2007. « Postnatal depression: an update ». *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol* 21 (2): 183-91.
- Lee, D.-C., R.R. Pate, C.J. Lavie, X. Sui, T.S. Church, et S.N. Blair. 2014. « Leisure-Time Running Reduces All-Cause and Cardiovascular Mortality Risk ». *Journal of the American College of Cardiology* 64 (5): 472-81.
- Lee, I.M., K.M. Rexrode, N.R. Cook, J.E. Manson, et J.E. Buring. 2001. « Physical activity and coronary heart disease in women ». *JAMA* 285 (11): 1447-54.
- Lee, I.M., H.D. Sesso, Y. Oguma, et R.S. Paffenbarger. 2003b. « Relative intensity of physical activity and risk of coronary heart disease ». *Circulation* 107 (8): 1110-16.
- Lee, I.M., H.D. Sesso, et R.S. Paffenbarger. 2000. « Physical Activity and Coronary Heart Disease Risk in Men: Does the Duration of Exercise Episodes Predict Risk? ». *Circulation* 102 (9): 981-86.
- Lee, Y., J. Kim, E.S. Han, S. Chae, M. Ryu, K.H. Ahn, et E.J. Park. 2015. « Changes in Physical Activity and Cognitive Decline in Older Adults Living in the Community ». *Age (Dordrecht, Netherlands)* 37 (2): 20.
- Le Faucheur, A., P. Abraham, V. Jaquinandi, P. Bouyé, J.L. Saumet, et B. Noury-Desvaux. 2007. « Study of human outdoor walking with a low-cost GPS and simple spreadsheet analysis ». *Med Sci Sports Exerc* 39 (9): 1570-78.
- Le Faucheur, A., P. Abraham, T. Sauvaget, G. Leftheriots, et B. Noury-Desvaux. 2011. « Utilisation du GPS en vue d'applications médicales: données disponibles ». *Sci Sports* 26: 197-201.
- Léger, B., Wi. Derave, K. De Bock, P. Hespel, et A.P. Russell. 2008. « Human Sarcopenia Reveals an Increase in SOCS-3 and Myostatin and a Reduced Efficiency of Akt Phosphorylation ». *Rejuvenation Research* 11 (1): 163-75.
- Le Masurier, G. 2004. « Pedometer Sensitivity and Specificity ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 36 (2): 346-347.
- Le Masurier, G.C., et C. Tudor-Locke. 2003. « Comparison of Pedometer and Accelerometer Accuracy under Controlled Conditions ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 35 (5): 867-71.
- Lennon, S.L., J. Quindry, K.L. Hamilton, J.French, J. Staib, J.L. Mehta, et S.K. Powers. 2004. « Loss of Exercise-Induced Cardioprotection after Cessation of Exercise ». *Journal of Applied Physiology* 96 (4): 1299-1305.
- Leon, A.S., et O.A. Sanchez. 2001. « Response of Blood Lipids to Exercise Training Alone or

- Combined with Dietary Intervention ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33 (6 Suppl): 502-15.
- Leppämäki, S., J. Haukka, J. Lönnqvist, et T. Partonen. 2004. « Drop-out and Mood Improvement: A Randomised Controlled Trial with Light Exposure and Physical Exercise [ISRCTN36478292] ». *BMC Psychiatry* 4: 22.
- Leppänen, M., S. Aaltonen, J. Parkkari, A. Heinonen, et U.M. Kujala. 2014. « Interventions to Prevent Sports Related Injuries: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomised Controlled Trials ». *Sports Medicine* 44 (4): 473-86.
- Leproult, R., G. Copinschi, O. Buxton, et E. van Cauter. 1997. « Sleep Loss Results in an Elevation of Cortisol Levels the next Evening ». *Sleep* 20 (10): 865-70.
- Lequesne, M.G., N. Dang, et N.E. Lane. 1997. « Sport Practice and Osteoarthritis of the Limbs ». *Osteoarthritis and Cartilage / OARS, Osteoarthritis Research Society* 5 (2): 75-86.
- Le Roux, P. 1970. « Les Loisirs des Français ». *Economie et statistique*, n° 12 (mai).
- Leung, K.S., C.Y. Li, Y.K. Tse, T.K. Choy, P.C. Leung, V.W.Y. Hung, S.Y. Chan, A.H.C. Leung, et W.H. Cheung. 2014. « Effects of 18-Month Low-Magnitude High-Frequency Vibration on Fall Rate and Fracture Risks in 710 Community Elderly--a Cluster-Randomized Controlled Trial ». *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA* 25 (6): 1785-95.
- Leung, L.C.K., R.Y.T. Sung, H.-K. So, S. N. Wong, K. W. Lee, K.P. Lee, M.C. Yam, et al. 2011. « Prevalence and Risk Factors for Hypertension in Hong Kong Chinese Adolescents: Waist Circumference Predicts Hypertension, Exercise Decreases Risk ». *Archives of Disease in Childhood* 96 (9): 804-9.
- Lewiecki, E.M. 2004. « Management of Osteoporosis ». *Clinical and Molecular Allergy: CMA* 2 (1): 9.
- Lexell, J. 1995. « Human aging, muscle mass, and fiber type composition ». *J Gerontol.A.Biol.Sci Med Sci* 50 Spec No: 11-16.
- Lexell, J., C.C. Taylor, et M. Sjöström. 1988. « What Is the Cause of the Ageing Atrophy? Total Number, Size and Proportion of Different Fiber Types Studied in Whole Vastus Lateralis Muscle from 15- to 83-Year-Old Men ». *Journal of the Neurological Sciences* 84 (2-3): 275-94.
- Li, F., K.J. Fisher, P. Harmer, D. Irbe, R.G. Tearse, et C. Weimer. 2004. « Tai Chi and Self-Rated Quality of Sleep and Daytime Sleepiness in Older Adults: A Randomized Controlled Trial ». *Journal of the American Geriatrics Society* 52 (6): 892-900.
- Li, G., P. Zhang, J. Wang, E.W. Gregg, W. Yang, Q. Gong, H. Li, et al. 2008. « The Long-Term Effect of Lifestyle Interventions to Prevent Diabetes in the China Da Qing Diabetes Prevention Study: A 20-Year Follow-up Study ». *Lancet (London, England)* 371 (9626): 1783-89.
- Li, J., et J. Siegrist. 2012. « Physical Activity and Risk of Cardiovascular Disease--a Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies ». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 9 (2): 391-407.
- Lindberg, H., H. Roos, et P. Gärdsell. 1993. « Prevalence of Coxarthrosis in Former Soccer Players. 286 Players Compared with Matched Controls ». *Acta Orthopaedica Scandinavica* 64 (2): 165-67.
- Lindemann, U., J. Klenk, C. Becker, et R. Moe-Nilssen. 2013. « Assessment of Adaptive Walking Performance ». *Medical Engineering & Physics* 35 (2): 217-20.
- Lindström, J., P. Ilanne-Parikka, M. Peltonen, S. Aunola, J.G. Eriksson, K. Hemiö, H. Hämäläinen, et al. 2006. « Sustained Reduction in the Incidence of Type 2 Diabetes by Lifestyle Intervention: Follow-up of the Finnish Diabetes Prevention Study ». *Lancet (London, England)* 368 (9548): 1673-79.

- Lindwall, M., M. Gerber, I.H. Jonsdottir, M. Börjesson, et G. Ahlborg. 2014. « The Relationships of Change in Physical Activity with Change in Depression, Anxiety, and Burnout: A Longitudinal Study of Swedish Healthcare Workers ». *Health Psychology: Official Journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association* 33 (11): 1309-18.
- Lista, I., et G. Sorrentino. 2010. « Biological Mechanisms of Physical Activity in Preventing Cognitive Decline ». *Cellular and Molecular Neurobiology* 30 (4): 493-503.
- Li, T.Y., J.S. Rana, J.E. Manson, W.C. Willett, M.J. Stampfer, G.A. Colditz, K.M. Rexrode, et F.B. Hu. 2006. « Obesity as Compared with Physical Activity in Predicting Risk of Coronary Heart Disease in Women ». *Circulation* 113 (4): 499-506.
- Little, R.M.D., D.H. Paterson, D.A. Humphreys, et L. Stathokostas. 2013. « A 12-Month Incidence of Exercise-Related Injuries in Previously Sedentary Community-Dwelling Older Adults Following an Exercise Intervention ». *BMJ Open* 3 (6).
- Liu, J.-X., P.-O. Eriksson, L.-E. Thornell, et F. Pedrosa-Domellöf. 2005. « Fiber Content and Myosin Heavy Chain Composition of Muscle Spindles in Aged Human Biceps Brachii ». *The Journal of Histochemistry and Cytochemistry: Official Journal of the Histochemistry Society* 53 (4): 445-54.
- Liu, W., S.G. Thomas, S.L. Asa, N. Gonzalez-Cadavid, S. Bhasin, et S. Ezzat. 2003. « Myostatin Is a Skeletal Muscle Target of Growth Hormone Anabolic Action ». *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 88 (11): 5490-96.
- Liu, X., M. Uchiyama, M. Okawa, et H. Kurita. 2000. « Prevalence and Correlates of Self-Reported Sleep Problems among Chinese Adolescents ». *Sleep* 23 (1): 27-34.
- Livingstone, M.B.E., A.W. Coward, A.M. Prentice, et al. 1992. « Daily energy expenditure in free-living children: comparison of heart rate monitoring with the doubly labeled water (2H218O2) method for the measurement of energy expenditure in children ». *Am J Clin Nutr* 56: 343-52.
- Li, X., Y. Ma, X. Wei, Y. Li, H. Wu, J. Zhuang, et Z. Zhao. 2014. « Clusterin in Alzheimer's Disease: A Player in the Biological Behavior of Amyloid-Beta ». *Neuroscience Bulletin* 30 (1): 162-68.
- Locard, E., N. Mamelle, A. Billette, M. Miginiac, F. Munoz, et S. Rey. 1992. « Risk Factors of Obesity in a Five Year Old Population. Parental versus Environmental Factors ». *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity* 16 (10): 721-29.
- Löfgren, B., M. Dencker, J.-Å. Nilsson, et M.K. Karlsson. 2012. « A 4-Year Exercise Program in Children Increases Bone Mass without Increasing Fracture Risk ». *Pediatrics* 129 (6): 1468-76.
- Løfgren, B., J.A.Povlsen, L. E. Rasmussen, N.B. Støttrup, L.Solskov, P.-M. Krarup, S.B.Kristiansen, H.E. Bøtker, et T.T. Nielsen. 2010. « Amino Acid Transamination Is Crucial for Ischaemic Cardioprotection in Normal and Preconditioned Isolated Rat Hearts--Focus on L-Glutamate ». *Experimental Physiology* 95 (1): 140-52.
- Löf, M. 2011. « Physical activity pattern and activity energy expenditure in healthy pregnant and non-pregnant Swedish women ». *Eur J Clin Nutr* 65 (12): 1295-1301.
- Logan, N, J.J. Reilly, S. Grant, et J.Y. Paton. 2000. « Resting heart rate definition and its effect on apparent levels of physical activity in young children ». *Med Sci Sports Exerc* 32: 162-66.
- Logroscino, G. 2005. « The Role of Early Life Environmental Risk Factors in Parkinson Disease: What Is the Evidence? » *Environmental Health Perspectives* 113 (9): 1234-38.
- Löllgen, H., A. Böckenhoff, et G. Knapp. 2009. « Physical Activity and All-Cause Mortality: An Updated Meta-Analysis with Different Intensity Categories ». *International Journal of Sports Medicine* 30 (3): 213-24.
- Longcope, C., H.A. Feldman, J.B. McKinlay, et A.B. Araujo. 2000. « Diet and Sex Hormone-Binding Globulin ». *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 85 (1): 293-96.
- Longo, U.G., M. Loppini, A. Berton, A. Marinozzi, N. Maffulli, et V. Denaro. 2012. « The FIFA 11+

- Program Is Effective in Preventing Injuries in Elite Male Basketball Players: A Cluster Randomized Controlled Trial ». *The American Journal of Sports Medicine* 40 (5): 996-1005.
- Loomis, D., Y. Grosse, B. Lauby-Secretan, F. El Ghissassi, V. Bouvard, L. Benbrahim-Tallaa, N. Guha, et al. 2013. « The Carcinogenicity of Outdoor Air Pollution ». *The Lancet. Oncology* 14 (13): 1262-63.
- Loos, R.J.F., J.M. Hagberg, L. Pérusse, S.M. Roth, M.A. Sarzynski, B. Wolfarth, T. Rankinen, et C. Bouchard. 2015. « Advances in Exercise, Fitness, and Performance Genomics in 2014 ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 47 (6): 1105-12.
- Lopresti, A.L., S.D. Hood, et P.D. Drummond. 2013. « A Review of Lifestyle Factors That Contribute to Important Pathways Associated with Major Depression: Diet, Sleep and Exercise ». *Journal of Affective Disorders* 148 (1): 12-27.
- Loprinzi, P.D., E.M. Fitzgerald, et B.J. Cardinal. 2012. « Physical activity and depression symptoms among pregnant women from the National Health and Nutrition Examination Survey 2005-2006 ». *J Obstet Gynecol Neonatal Nurs* 41 (2): 227-35.
- Lorenz, M.W., P. Karbstein, H.S. Markus, et M. Sitzer. 2007. « High-Sensitivity C-Reactive Protein Is Not Associated with Carotid Intima-Media Progression: The Carotid Atherosclerosis Progression Study ». *Stroke; a Journal of Cerebral Circulation* 38 (6): 1774-79.
- Lotgering, F.K., R.D. Gilbert, et L.D. Longo. 1983. « Exercise responses in pregnant sheep: oxygen consumption, uterine blood flow, and blood volume ». *J Appl Physiol* 55: 834-41.
- Louche, K., P.-M. Badin, E. Montastier, C. Laurens, V. Bourlier, I. de Glisezinski, C. Thalamas, N. Viguerie, D. Langin, et C. Moro. 2013. « Endurance Exercise Training up-Regulates Lipolytic Proteins and Reduces Triglyceride Content in Skeletal Muscle of Obese Subjects ». *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 98 (12): 4863-71.
- Loucks, A.B., et J.R. Thuma. 2003. « Luteinizing Hormone Pulsatility Is Disrupted at a Threshold of Energy Availability in Regularly Menstruating Women ». *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 88 (1): 297-311.
- Loud, K.J., et C.M. Gordon. 2006. « Adolescent Bone Health ». *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine* 160 (10): 1026-32.
- Lovell, G.A., P.D. Blanch, et C.J. Barnes. 2012. « EMG of the Hip Adductor Muscles in Six Clinical Examination Tests ». *Physical Therapy in Sport: Official Journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine* 13 (3): 134-40.
- Ludwig, D.S., et J. Currie. 2010. « The Association between Pregnancy Weight Gain and Birthweight: A within-Family Comparison ». *Lancet (London, England)* 376 (9745): 984-90.
- Lundin, O., M. Hellström, I. Nilsson, et L. Swärd. 2001. « Back Pain and Radiological Changes in the Thoraco-Lumbar Spine of Athletes. A Long-Term Follow-Up ». *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 11 (2): 103-9.
- Luquet, S., J. Lopez-Soriano, D. Holst, A. Fredenrich, J. Melki, M. Rassoulzadegan, et P.A. Grimaldi. 2003. « Peroxisome Proliferator-Activated Receptor Delta Controls Muscle Development and Oxidative Capability ». *FASEB Journal: Official Publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology* 17 (15): 2299-2301.
- Lynch, B.M., H.K. Neilson, et C.M. Friedenreich. 2011. « Physical Activity and Breast Cancer Prevention ». *Recent Results in Cancer Research. Fortschritte Der Krebsforschung. Progrès Dans Les Recherches Sur Le Cancer* 186: 13-42.
- Lytle, M.E., B.J. Vander, R.S. Pandav, H.H. Dodge, et M. Ganguli. 2004. « Exercise level and cognitive decline: the MoVIES project ». *Alzheimer Dis. Assoc. Disord.* 18 (2): 57-64.
- Macera, C. A., R.R. Pate, J. Woods, D.R. Davis, et K.L. Jackson. 1991. « Posttrace Morbidity among Runners ». *American Journal of Preventive Medicine* 7 (4): 194-98.
- Macfarlane, D.J., et G.R. Tomkinson. 2007. « Evolution and Variability in Fitness Test Performance of Asian Children and Adolescents ». *Medicine and Sport Science* 50: 143-67.
- Machold, W., O. Kwasny, P. Gässler, A. Kolonja, B. Reddy, E. Bauer, et S. Lehr. 2000. « Risk of

- Injury through Snowboarding ». *The Journal of Trauma* 48 (6): 1109-14.
- Machold, W., O. Kwasny, P. Eisenhardt, A. Kolonja, E. Bauer, S. Lehr, W. Mayr, et M. Fuchs. 2002. « Reduction of Severe Wrist Injuries in Snowboarding by an Optimized Wrist Protection Device: A Prospective Randomized Trial ». *The Journal of Trauma* 52 (3): 517-20.
- Macintyre, S. 2000. « The Social Patterning of Exercise Behaviours: The Role of Personal and Local Resources ». *British Journal of Sports Medicine* 34 (1): 6.
- Macintyre, S, L Macdonald, et A Ellaway. 2008. « Lack of agreement between measured and self-reported distance from public green parks in Glasgow ». *Int J Behav Nutr Phys Act* 5: 26.
- Mackelvie, K.J., G.S. Meneilly, D. Elahi, A.C.K. Wong, S.I. Barr, et J.-P. Chanoine. 2007. « Regulation of Appetite in Lean and Obese Adolescents after Exercise: Role of Acylated and Desacyl Ghrelin ». *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 92 (2): 648-54.
- MacKelvie, K.J., K.M. Khan, et H.A. McKay. 2002. « Is There a Critical Period for Bone Response to Weight-Bearing Exercise in Children and Adolescents? A Systematic Review ». *British Journal of Sports Medicine* 36 (4): 250-57.
- MacKelvie, K.J., H.A. McKay, K.M. Khan, et P.R. Crocker. 2001. « A School-Based Exercise Intervention Augments Bone Mineral Accrual in Early Pubertal Girls ». *J Pediatr* 139 (4): 501-8.
- MacKelvie, K.J., H.A. McKay, M.A. Petit, O. Moran, et K.M. Khan. 2002. « Bone Mineral Response to a 7-Month Randomized Controlled, School-Based Jumping Intervention in 121 Prepubertal Boys: Associations with Ethnicity and Body Mass Index ». *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 17 (5): 834-44.
- MacKelvie, K.J., M.A. Petit, K.M. Khan, T.J. Beck, et H.A. McKay. 2004. « Bone mass and structure are enhanced following a 2-year randomized controlled trial of exercise in prepubertal boys ». *Bone* 34: 755-64.
- Mackett, R., B. Brown, Y. Gong, K. Kitazawa, et J. Paskins. 2007. « Children's independent movement in the local environment ». *Built Environ* 33: 454-68.
- Maclean, P.S., A. Bergouignan, M.-A. Cornier, et M.R. Jackman. 2011. « Biology's Response to Dieting: The Impetus for Weight Regain ». *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 301 (3): 581-600.
- Maddalozzo, G.F., J.J. Widrick, B.J. Cardinal, K.M. Winters-Stone, M.A. Hoffman, et C.M. Snow. 2007. « The Effects of Hormone Replacement Therapy and Resistance Training on Spine Bone Mineral Density in Early Postmenopausal Women ». *Bone* 40 (5): 1244-51.
- Madden, K.M., M.C. Ashe, C. Lockhart, et J.M. Chase. 2014. « Sedentary Behavior and Sleep Efficiency in Active Community-Dwelling Older Adults ». *Sleep Science (São Paulo, Brazil)* 7 (2): 82-88.
- Maddison, R., et CN. Mhurchu. 2009. « Global positioning system: a new opportunity in physical activity measurement ». *Int J Behav Nutr Phys Act* 6: 73.
- Maeda, J.K., et N.M. Murata. 2004. « Collaborating with Classroom Teachers to Increase Daily Physical Activity: The GEAR Program ». *Journal of Physical Education, Recreation & Dance* 75 (5): 42-46.
- Maffulli, N., U.G. Longo, N. Gougoulis, D. Caine, et V. Denaro. 2011. « Sport Injuries: A Review of Outcomes ». *British Medical Bulletin* 97: 47-80.
- Maggi, S., J.A. Langlois, N. Minicuci, F. Grigoletto, M. Pavan, D.J. Foley, et G. Enzi. 1998. « Sleep Complaints in Community-Dwelling Older Persons: Prevalence, Associated Factors, and Reported Causes ». *Journal of the American Geriatrics Society* 46 (2): 161-68.
- Magnusson, S.P., M.V. Narici, C.N. Maganaris, and M. Kjaer. 2008 "Human tendon behaviour and adaptation, in vivo." *J Physiol* 586 (1).

- Maher, C., T. Olds, E. Mire, et P.T. Katzmarzyk. 2014. « Reconsidering the Sedentary Behaviour Paradigm ». *PloS One* 9 (1): e86403.
- Maitre, J., I. Serres, L. Lhuisset, J. Bois, Y. Gasnier, et T. Paillard. 2015. « Regular Physical Activity Reduces the Effects of Achilles Tendon Vibration on Postural Control for Older Women ». *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 25 (1): 82-88.
- Maitre, J., Y. Gasnier, N. Bru, J.-L. Jully, et T. Paillard. 2013. « Discrepancy in the Involution of the Different Neural Loops with Age ». *European Journal of Applied Physiology* 113 (7): 1821-31.
- Maitre, J., J.-L. Jully, Y. Gasnier, et T. Paillard. 2013. « Chronic Physical Activity Preserves Efficiency of Proprioception in Postural Control in Older Women ». *Journal of Rehabilitation Research and Development* 50 (6): 811-20.
- Maki, B.E., P.J. Holliday, et G.R. Fernie. 1990. « Aging and Postural Control. A Comparison of Spontaneous- and Induced-Sway Balance Tests ». *Journal of the American Geriatrics Society* 38 (1): 1-9.
- Maki, B.E., P.J. Holliday, et A.K. Topper. 1994. « A Prospective Study of Postural Balance and Risk of Falling in an Ambulatory and Independent Elderly Population ». *Journal of Gerontology* 49 (2): 72-84.
- Malatesta, M., P. Fattoretti, B. Baldelli, S. Battistelli, M. Baliaetti, et C. Bertoni-Freddari. 2007. « Effects of Ageing on the Fine Distribution of the Circadian CLOCK Protein in Reticular Formation Neurons ». *Histochemistry and Cell Biology* 127 (6): 641-47.
- Malik, S., A. Kanwar, L.A. Sim, L.J. Prokop, Z. Wang, K. Benkhadra, et M.H. Murad. 2014. « The Association between Sleep Disturbances and Suicidal Behaviors in Patients with Psychiatric Diagnoses: A Systematic Review and Meta-Analysis ». *Systematic Reviews* 3: 18.
- Malina, R.M. 1983. « Menarche in Athletes: A Synthesis and Hypothesis ». *Annals of Human Biology* 10 (1): 1-24.
- Malina, R.M. 2001. « Physical activity and fitness: pathways from childhood to adulthood ». *Am J Hum Biol* 13 (2): 162-72.
- Malina, R. M., et T. Bielicki. 1996. « Retrospective Longitudinal Growth Study of Boys and Girls Active in Sport ». *Acta Paediatrica (Oslo, Norway: 1992)* 85 (5): 570-76.
- Mamun, A.A., M. O'Callaghan, L. Callaway, G. Williams, J. Najman, et D.A. Lawlor. 2009. « Associations of Gestational Weight Gain with Offspring Body Mass Index and Blood Pressure at 21 Years of Age: Evidence from a Birth Cohort Study ». *Circulation* 119 (13): 1720-27.
- Manninen, P., H. Riihimäki, M. Heliovaara, et O. Suomalainen. 2001. « Physical Exercise and Risk of Severe Knee Osteoarthritis Requiring Arthroplasty ». *Rheumatology (Oxford, England)* 40 (4): 432-37.
- Manns, P., V. Ezeugwu, S. Armijo-Olivo, J. Vallance, et G.N. Healy. 2015. « Accelerometer-Derived Pattern of Sedentary and Physical Activity Time in Persons with Mobility Disability: National Health and Nutrition Examination Survey 2003 to 2006 ». *Journal of the American Geriatrics Society* 63 (7): 1314-23.
- Manns, P.J., D.W. Dunstan, N. Owen, et G.N. Healy. 2012. « Addressing the Nonexercise Part of the Activity Continuum: A More Realistic and Achievable Approach to Activity Programming for Adults with Mobility Disability ? » *Physical Therapy* 92 (4): 614-25.
- Mann, T.N., R.P. Lamberts, et M.I. Lambert. 2014. « High Responders and Low Responders: Factors Associated with Individual Variation in Response to Standardized Training ». *Sports Medicine* 44 (8): 1113-24.
- Mansikkamäki, K., J. Raitanen, C.-H. Nygård, R. Heinonen, T. Mikkola, E. Tomás, et R. Luoto. 2012. « Sleep Quality and Aerobic Training among Menopausal Women—a Randomized Controlled Trial ». *Maturitas* 72 (4): 339-45.
- Manson, J.E., F.B. Hu, J.W. Rich-Edwards, G.A. Colditz, M.J. Stampfer, W.C. Willett, F.E. Speizer, et C.H. Hennekens. 1999. « A Prospective Study of Walking as Compared with Vigorous

- Exercise in the Prevention of Coronary Heart Disease in Women ». *The New England Journal of Medicine* 341 (9): 650-58.
- Manson, J.E., P. Greenland, A.Z. LaCroix, M.L. Stefanick, C.P. Mouton, A.Oberman, M.G. Perri, D.S. Sheps, M.B. Pettinger, et D.S. Siscovick. 2002. « Walking Compared with Vigorous Exercise for the Prevention of Cardiovascular Events in Women ». *The New England Journal of Medicine* 347 (10): 716-25.
- Marcellini, A., M. Banens, J.-P. Turpin, et L. Raufast. 2003a. « Pratiques sportives et personnes handicapées en France : exploitation de l'enquête HID Institution 1998 et Domicile 1999. » Université de Montpellier I, DREES et ministère des Affaires sociales.
- Marcellini, A., E. De Leselec, et J. Gleyse. 2003b. « L'intégration sociale par le sport des personnes handicapées ». *Revue internationale de psychosociologie* Vol. IX (20): 59-72.
- Marie, P.J., et M. Kassem. 2011. « Osteoblasts in Osteoporosis: Past, Emerging, and Future Anabolic Targets ». *European Journal of Endocrinology / European Federation of Endocrine Societies* 165 (1): 1-10.
- Marijon, E., M. Tafflet, D.S. Celermajer, F. Dumas, M.-C. Perier, H. Mustafic, J.-F. Toussaint, et al. 2011. « Sports-Related Sudden Death in the General Population ». *Circulation* 124 (6): 672-81.
- Mark, A.E., et I. Janssen. 2008. « Dose-response relation between physical activity and blood pressure in youth ». *Med Sci Sports Exerc* 40 (6): 1007-12.
- Markou, K.B., A. Theodoropoulou, A. Tsekouras, A.G. Vagenakis, et N.A. Georgopoulos. 2010. « Bone Acquisition during Adolescence in Athletes ». *Annals of the New York Academy of Sciences* 1205 (septembre): 12-16.
- Marks, R., J.P. Allegrante, C.R. MacKenzie, et J.M. Lane. 2003. « Hip Fractures among the Elderly: Causes, Consequences and Control ». *Ageing Research Reviews* 2 (1): 57-93.
- Maron, B.J., J.J. Doerer, T.S. Haas, D.M. Tierney, et F.O. Mueller. 2009. « Sudden Deaths in Young Competitive Athletes: Analysis of 1866 Deaths in the United States, 1980-2006 ». *Circulation* 119 (8): 1085-92.
- Marshall, A.L., Y.D. Miller, N.W. Burton, et W.J. Brown. 2010. « Measuring Total and Domain-Specific Sitting: A Study of Reliability and Validity ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 42 (6): 1094-1102.
- Marshall, D., O. Johnell, et H. Wedel. 1996. « Meta-Analysis of How Well Measures of Bone Mineral Density Predict Occurrence of Osteoporotic Fractures ». *BMJ (Clinical Research Ed.)* 312 (7041): 1254-59.
- Marshall, N.S., N.Glozier, et R.R. Grunstein. 2008. « Is Sleep Duration Related to Obesity? A Critical Review of the Epidemiological Evidence ». *Sleep Medicine Reviews* 12 (4): 289-98.
- Marshall, S.J., S.J. Biddle, T. Gorely, N. Cameron, et I. Murdey. 2004. « Relationships between media use, body fatness and physical activity in children and youth: a meta-analysis ». *Int J Obes Relat Metab Disord* 28: 1238-46.
- Marshall, S.J., S.S. Levy, C.E. Tudor-Locke, F W Kolkhorst, K M Wooten, M Ji, C A Macera, et B E Ainsworth. 2009. « Translating physical activity recommendations into a pedometer-based step goal: 3000 steps in 30 minutes ». *Am J Prev Med* 36 (5): 410-15.
- Marti, B., M. Knobloch, A. Tschopp, A. Jucker, et H. Howald. 1989. « Is Excessive Running Predictive of Degenerative Hip Disease? Controlled Study of Former Elite Athletes ». *BMJ (Clinical Research Ed.)* 299 (6691): 91-93.
- Martin, A.D., D.A. Bailey, H.A. McKay, et S. Whiting. 1997. « Bone Mineral and Calcium Accretion during Puberty ». *The American Journal of Clinical Nutrition* 66 (3): 611-15.
- Martin, A.J., K.J. Friston, J.G. Colebatch, et R.S. Frackowiak. 1991. « Decreases in Regional Cerebral Blood Flow with Normal Aging ». *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism: Official Journal of the International Society of Cerebral Blood Flow and Metabolism* 11 (4): 684-89.

- Martínez-Gómez, D., P. Guallar-Castillón, L.M. León-Muñoz, E. López-García, et F. Rodríguez-Artalejo. 2013. « Combined Impact of Traditional and Non-Traditional Health Behaviors on Mortality: A National Prospective Cohort Study in Spanish Older Adults ». *BMC Medicine* 11: 47.
- Martínez-Gómez, D., P. Guallar-Castillón, L. M. León-Muñoz, et F. Rodríguez-Artalejo. 2014. « Household Physical Activity and Mortality in Older Adults: A National Cohort Study in Spain ». *Preventive Medicine* 61 (avril): 14-19.
- Martin Ginis, K.A., A. Jetha, D.E. Mack, et S. Hetz. 2010. « Physical Activity and Subjective Well-Being among People with Spinal Cord Injury: A Meta-Analysis ». *Spinal Cord* 48 (1): 65-72.
- Martin Ginis, K.A., A.E. Latimer, A.C. Buchholz, S.R. Bray, B.C. Craven, K.C. Hayes, A.L. Hicks, et al. 2008. « Establishing Evidence-Based Physical Activity Guidelines: Methods for the Study of Health and Activity in People with Spinal Cord Injury (SHAPE SCI) ». *Spinal Cord* 46 (3): 216-21.
- Martin Ginis, K.A., et A.L. Hicks. 2007. « [Factors to be considered in creating a physical activity guide for Canadians with physical disabilities] ». *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquée, Nutrition Et Métabolisme* 32 Suppl 2F: 150-64.
- Martin Ginis, K.A., A.E. Latimer, A.L. Hicks, et B.C. Craven. 2005. « Development and Evaluation of an Activity Measure for People with Spinal Cord Injury ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 37 (7): 1099-1111.
- Martin Ginis, K.A., S. Jörgensen, et J. Stapleton. 2012. « Exercise and Sport for Persons with Spinal Cord Injury ». *PM & R: The Journal of Injury, Function, and Rehabilitation* 4 (11): 894-900.
- Martin, K. A., et A.R. Sinden. 2001. « Who will stay and who will go? A review of older adults' adherence to randomized controlled trials of exercise ». *Journal of Aging and Physical Activity* 9 (2): 91-114.
- Martins, P. J. F., M. Soares Marques, S.Tufik, et V. D'Almeida. 2010. « Orexin Activation Precedes Increased NPY Expression, Hyperphagia, and Metabolic Changes in Response to Sleep Deprivation ». *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism* 298 (3): 726-34.
- Martyn-St James, M., et S. Carroll. 2009. « A Meta-Analysis of Impact Exercise on Postmenopausal Bone Loss: The Case for Mixed Loading Exercise Programmes ». *British Journal of Sports Medicine* 43 (12): 898-908.
- Maslach, C., et S.E. Jackson. 1981. « The Measurement of Experienced Burnout ». *Journal of Organizational Behavior* 2 (2): 99-113.
- Mâsse, L.C., et J.E. de Niet. 2012. « Sources of Validity Evidence Needed with Self-Report Measures of Physical Activity ». *Journal of Physical Activity & Health* 9 Suppl 1 (janvier): 44-55.
- Matkovic, V., T. Jelic, G.M. Wardlaw, J.Z. Ilich, P.K. Goel, J.K. Wright, M.B. Andon, K.T. Smith, et R.P. Heaney. 1994. « Timing of Peak Bone Mass in Caucasian Females and Its Implication for the Prevention of Osteoporosis. Inference from a Cross-Sectional Model ». *The Journal of Clinical Investigation* 93 (2): 799-808.
- Matricciani, L., T. Olds, et J. Petkov. 2012. « In Search of Lost Sleep: Secular Trends in the Sleep Time of School-Aged Children and Adolescents ». *Sleep Medicine Reviews* 16 (3): 203-11.
- Matthews, C.E., S.M. George, S.C. Moore, H.R. Bowles, A. Blair, Y. Park, R.P. Troiano, A. Hollenbeck, et A ? Schatzkin. 2012. « Amount of Time Spent in Sedentary Behaviors and Cause-Specific Mortality in US Adults ». *The American Journal of Clinical Nutrition* 95 (2): 437-45.
- Mattila, V. M., P. J. Sillanpää, T. Salo, H.-J. Laine, H. Mäenpää, et H. Pihlajamäki. 2011. « Can Orthotic Insoles Prevent Lower Limb Overuse Injuries? A Randomized-Controlled Trial of 228 Subjects ». *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 21 (6): 804-8.

- Mattocks, C., S. Leary, A. Ness, K. Deere, J. Saunders, J. Kirby, S.N. Blair, K. Tilling, et C. Riddoch. 2007. « Intraindividual Variation of Objectively Measured Physical Activity in Children ». *Med Sci Sports Exerc* 39 (4): 622-29.
- Mattocks, C., S. Leary, A. Ness, K. Deere, J. Saunders, K. Tilling, J. Kirkby, S.N. Blair, et C. Riddoch. 2007. « Calibration of an accelerometer during free-living activities in children ». *Int J Pediatr Obes* 29: 1-9.
- Mattocks, C., A. Ness, S. Leary, K. Tilling, S. N. Blair, and et al. 2008. "Use of accelerometers in a large field-based study of children: protocols, design issues, and effects on precision." *J Phys Act Health* 5 (Suppl 1):98-111.
- Mauvieux, B., L. Gouthière, B. Sesboüe, et D. Davenne. 2003. « [A study comparing circadian rhythm and sleep quality of athletes and sedentary subjects engaged in night work] ». *Canadian Journal of Applied Physiology* (6): 831-87.
- Mauvieux, B., L. Gouthière, B. Sesboüé, P. Denise, et D. Davenne. 2007. « [Effects of the physical exercise and sports on the circadian rhythm of temperature and waking/sleep pattern of the elderly person. Examples in retired and night workers] ». *Pathologie-Biologie* 55 (3-4): 205-7.
- Maximova, K., J. O'Loughlin, G.Paradis, J.A. Hanley, et J. Lynch. 2009. « Declines in Physical Activity and Higher Systolic Blood Pressure in Adolescence ». *American Journal of Epidemiology* 170 (9): 1084-94.
- Mayer, J., P. Roy, et K.P. Mitra. 1956. « Relation between Caloric Intake, Body Weight, and Physical Work: Studies in an Industrial Male Population in West Bengal ». *The American Journal of Clinical Nutrition* 4 (2): 169-75.
- Mayoux-Benhamou, M.A., C. Roux, J.P. Rouboudin, et M. Revel. 1998. « Plantar Flexion Force Is Related to Calcaneus Bone Ultrasonic Parameters in Postmenopausal Women ». *Calcified Tissue International* 62 (5): 462-64.
- McAlindon, T.E., P.W. Wilson, P. Aliabadi, B. Weissman, et D.T. Felson. 1999. « Level of Physical Activity and the Risk of Radiographic and Symptomatic Knee Osteoarthritis in the Elderly: The Framingham Study ». *The American Journal of Medicine* 106 (2): 151-57.
- McBain, K., I. Shrier, R. Shultz, W.H. Meeuwisse, M. Klügl, D. Garza, et G.O. Matheson. 2012a. « Prevention of Sport Injury II: A Systematic Review of Clinical Science Research ». *British Journal of Sports Medicine* 46 (3): 174-79.
- McBain, K., I. Shrier, R. Shultz, W.H. Meeuwisse, M. Klügl, D. Garza, et G.O. Matheson. 2012b. « Prevention of Sports Injury I: A Systematic Review of Applied Biomechanics and Physiology Outcomes Research ». *British Journal of Sports Medicine* 46 (3): 169-73.
- McCarley, R.W. 2007. « Neurobiology of REM and NREM Sleep ». *Sleep Medicine* 8 (4): 302-30.
- McCarroll, J R, J M Miller, and M A Ritter. 1986. "Lumbar spondylolysis and spondylolisthesis in college football players. A prospective study." *Am J Sports Med* 14 (5):404-406.
- McCarthy, A.M., et K.Visvanathan. 2010. « Breast Cancer Prognosis: Weighing the Evidence on Weight and Physical Activity ». *Oncology (Williston Park, N.Y.)* 24 (4): 346-47, 350.
- McComas, A.J., V. Galea, et H. de Bruin. 1993. « Motor Unit Populations in Healthy and Diseased Muscles ». *Physical Therapy* 73 (12): 868-77.
- McConnell, R., K. Berhane, F. Gilliland, S.J. London, T. Islam, W.J. Gauderman, E. Avol, H.G. Margolis, et J.M. Peters. 2002. « Asthma in Exercising Children Exposed to Ozone: A Cohort Study ». *Lancet (London, England)* 359 (9304): 386-91.
- McCormack, G.R., et A. Shiell. 2011. « In Search of Causality: A Systematic Review of the Relationship between the Built Environment and Physical Activity among Adults ». *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 8: 125.
- McCreanor, J., P. Cullinan, M.J. Nieuwenhuijsen, J. Stewart-Evans, E. Malliarou, L. Jarup, R. Harrington, et al. 2007. « Respiratory Effects of Exposure to Diesel Traffic in Persons with Asthma ». *The New England Journal of Medicine* 357 (23): 2348-58.

- McGuigan, F.E. A., L. Murray, A. Gallagher, G. Davey-Smith, C.E. Neville, R. Van't Hof, C. Boreham, et S. H. Ralston. 2002. « Genetic and Environmental Determinants of Peak Bone Mass in Young Men and Women ». *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 17 (7): 1273-79.
- McGuine, T.A., A. Brooks, et S. Hetzel. 2011. « The Effect of Lace-up Ankle Braces on Injury Rates in High School Basketball Players ». *The American Journal of Sports Medicine* 39 (9): 1840-48.
- McGuine, T.A., S. Hetzel, J. Wilson, et A. Brooks. 2012. « The Effect of Lace-up Ankle Braces on Injury Rates in High School Football Players ». *The American Journal of Sports Medicine* 40 (1): 49-57.
- McGuire, L.C., T.W. Strine, C.A. Okoro, I.B. Ahluwalia, et E.S. Ford. 2007. « Healthy Lifestyle Behaviors among Older U.S. Adults with and without Disabilities, Behavioral Risk Factor Surveillance System, 2003 ». *Preventing Chronic Disease* 4 (1): 09.
- McHugh, M.P., et C.H. Cosgrave. 2010. « To Stretch or Not to Stretch: The Role of Stretching in Injury Prevention and Performance ». *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 20 (2): 169-81.
- McIntosh, A.S., P. McCrory, C.F. Finch, J.P. Best, D.J. Chalmers, et R. Wolfe. 2009. « Does Padded Headgear Prevent Head Injury in Rugby Union Football? ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 41 (2): 306-13.
- McKay, H.A., D.A. Bailey, R.L. Mirwald, K.S. Davison, et R.A. Faulkner. 1998. « Peak Bone Mineral Accrual and Age at Menarche in Adolescent Girls: A 6-Year Longitudinal Study ». *The Journal of Pediatrics* 133 (5): 682-87.
- McKay, H.A., L. MacLean, M. Petit, K. MacKelvie-O'Brien, P. Janssen, T. Beck, et K.M. Khan. 2005. « "Bounce at the Bell": a novel program of short bouts of exercise improves proximal femur bone mass in early pubertal children ». *Br.J Sports.Med.* 39 (8): 521-26.
- McKenzie, T.L., Deborah A. Cohen, A. Sehgal, S. Williamson, et D. Golinelli. 2006. « System for Observing Play and Recreation in Communities (SOPARC): Reliability and Feasibility Measures ». *Journal of Physical Activity & Health* 3 Suppl 1 (février): 208-22.
- McKenzie, T.L. 2002. « Use of observation to assess physical activity ». In *Physical activity-assessment for health-related research*, édité par G J Welk, 179-95. Champaign, IL: Human Kinetics.
- McKenzie, T.L., S.J. Marshall, J.F. Sallis, et T.L. Conway. 2000. « Leisure-time physical activity in school environments: an observational study using SOPLAY ». *Prev Med* 30 (1): 70-77.
- McKenzie, T.L., P.R. Nader, P.K. Strikmiller, M. Yang, E.J. Stone, C.L. Perry, W.C. Taylor, et al. 1996. « School physical education: effect of the Child and Adolescent Trial for Cardiovascular Health ». *Prev Med* 25 (4): 423-31.
- McKercher, C.M., M.D. Schmidt, K.A. Sanderson, G.C. Patton, T.Dwyer, et A.J. Venn. 2009. « Physical Activity and Depression in Young Adults ». *American Journal of Preventive Medicine* 36 (2): 161-64.
- McKercher, C., K. Sanderson, M.D. Schmidt, P. Otahal, G.C. Patton, T. Dwyer, et A.J. Venn. 2014. « Physical Activity Patterns and Risk of Depression in Young Adulthood: A 20-Year Cohort Study since Childhood ». *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 49 (11): 1823-34.
- McLean, R.R., et D.P. Kiel. 2015. « Developing Consensus Criteria for Sarcopenia: An Update ». *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 30 (4): 588-92.
- McMurray, R.G., S.I. Bangdiwala, J.S. Harrell, et L.D. Amorim. 2008. « Adolescents with metabolic syndrome have a history of low aerobic fitness and physical activity levels ». *Dynamic Med* 7 (5).
- McMurray, R.G., et V.L. Katz. 1990. « Thermoregulation in Pregnancy. Implications for Exercise ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 10 (3): 146-58.

- McMurray, R.G., V.L. Katz, M.J. Berry, et R.C. Cefalo. 1988. « The effect of pregnancy on metabolic responses during rest, immersion, and aerobic exercise in the water ». *Am J Obstet Gynecol* 158: 481-86.
- McNeill, L.H., M.W. Kreuter, et S.V. Subramanian. 2006. « Social Environment and Physical Activity: A Review of Concepts and Evidence ». *Social Science & Medicine (1982)* 63 (4): 1011-22.
- McVeigh, J.A., S.A. Norris, et T. de Wet. 2004. « The relationship between socio-economic status and physical activity patterns in South African Children ». *Acta Paediatr* 93: 982-88.
- Meeusen, R., P. Watson, H. Hasegawa, B. Roelands, et M.F. Piacentini. 2006. « Central Fatigue: The Serotonin Hypothesis and beyond ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 36 (10): 881-909.
- Meeuwisse, W.H. 1994. "Assessing Causation in Sport Injury: A Multifactorial Model." *Clinical Journal of Sport Medicine* 4 (3).
- Meex, R.C.R., E. Phielix, V.B. Schrauwen-Hinderling, E. Moonen-Kornips, G. Schaart, P. Schrauwen, et M.K.C. Hesselink. 2010. « The Use of Statins Potentiates the Insulin-Sensitizing Effect of Exercise Training in Obese Males with and without Type 2 Diabetes ». *Clinical Science (London, England: 1979)* 119 (7): 293-301.
- Meier-Ewert, H.K., P.M. Ridker, N. Rifai, M.M. Regan, N.J. Price, D.F. Dinges, et J.M. Mullington. 2004. « Effect of Sleep Loss on C-Reactive Protein, an Inflammatory Marker of Cardiovascular Risk ». *Journal of the American College of Cardiology* 43 (4): 678-83.
- Meijer, E.P., K.R. Westerterp, et F.T. Verstappen. 1999. « Effect of Exercise Training on Total Daily Physical Activity in Elderly Humans ». *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 80 (1): 16-21.
- Melanson, E.L., J.R. Knoll, M.L. Bell, W.T. Donahoo, J.O. Hill, L.J. Nysse, L. Lanningham-Foster, J.C. Peters, et J.A. Levine. 2004. « Commercially Available Pedometers: Considerations for Accurate Step Counting ». *Preventive Medicine* 39 (2): 361-68.
- Melin, A., P. Obert, P. Bonnet, et D. Courteix. 2003. « Effets du statut socioéconomique sur l'activité physique d'enfants prépubères ». *Can J Appl Physiol* 28 (2): 190-203.
- Melzer, K., Y. Schutz, M. Boulvain, et B. Kayser. 2009. « Pregnancy-related changes in activity energy expenditure and resting metabolic rate in Switzerland ». *Eur J Clin Nutr* 63 (10): 1185-91.
- Merrill, R.M., S.G. Aldana, R.L. Greenlaw, H.A. Diehl, et A. Salberg. 2007. « The Effects of an Intensive Lifestyle Modification Program on Sleep and Stress Disorders ». *The Journal of Nutrition, Health & Aging* 11 (3): 242-48.
- Mesa, J.L., J.R. Ruiz, F.B. Ortega, J. Wärnberg, D. González-Lamuño, L.A. Moreno, A. Gutiérrez, et M.J. Castillo. 2006. « Aerobic Physical Fitness in Relation to Blood Lipids and Fasting Glycaemia in Adolescents: Influence of Weight Status ». *Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases* 16 (4): 285-93.
- Metcalfe, Lauve, Tim Lohman, Scott Going, Linda Houtkooper, Dawna Ferriera, Hilary Flint-Wagner, Terri Guido, Jane Martin, Jill Wright, and Ellen Cussler. 2001. "Post-menopausal Women and Exercise for Prevention of Osteoporosis." *ACSM'S Health and Fitness Journal*.
- Metkus, T.S., K.L. Baughman, et P.D. Thompson. 2010. « Exercise Prescription and Primary Prevention of Cardiovascular Disease ». *Circulation* 121 (23): 2601-4.
- Metz, M.E., et D.E. Bunnell. 1990. « Napping and Sleep Disturbances in the Elderly ». *Family Practice Research Journal* 10 (1): 47-56.
- Michaëlsson, K., A. Wolk, S. Langenskiöld, S. Basu, E. Warensjö Lemming, H. Melhus, et L. Byberg. 2014. « Milk Intake and Risk of Mortality and Fractures in Women and Men: Cohort Studies ». *BMJ (Clinical Research Ed.)* 349: 6015.
- Miles, L.E., et W.C. Dement. 1980. « Sleep and Aging ». *Sleep* 3 (2): 1-220.
- Milgrom, C., A. Finestone, N. Shlamkovitch, J. Wosk, A. Laor, A. Voloshin, et A. Eldad. 1992.

- « Prevention of Overuse Injuries of the Foot by Improved Shoe Shock Attenuation. A Randomized Prospective Study ». *Clinical Orthopaedics and Related Research*, n° 281 (août): 189-92.
- Milgrom, C., M. Giladi, H. Kashtan, A. Simkin, R. Chisin, J. Margulies, R. Steinberg, Z. Aharonson, et M. Stein. 1985. « A Prospective Study of the Effect of a Shock-Absorbing Orthotic Device on the Incidence of Stress Fractures in Military Recruits ». *Foot & Ankle* 6 (2): 101-4.
- Miller, R., et W. Brown. 2004. « Steps and Sitting in a Working Population ». *International Journal of Behavioral Medicine* 11 (4): 219-24.
- Mindell, J.A., L.J. Meltzer, M.A. Carskadon, et R.D. Chervin. 2009. « Developmental Aspects of Sleep Hygiene: Findings from the 2004 National Sleep Foundation Sleep in America Poll ». *Sleep Medicine* 10 (7): 771-79.
- Ministère de l'Education Nationale. 2002. « Enseignements élémentaire et secondaire. Collège. Organisation des enseignements dans les classes de sixième de collège. » *Bulletin officiel* 8 (avril).
- Ministère de l'Education Nationale. 2002. « Enseignements élémentaire et secondaire. Collège. Organisation des enseignements du cycle central de collège (classes de cinquième et de quatrième) ». *Bulletin officiel* 8 (février).
- Ministère de l'Education Nationale. 2004. « Enseignements élémentaire et secondaire. Enseignements en collège. Organisation des enseignements du cycle d'orientation de collège (classe de troisième) ». *Bulletin officiel* (juillet).
- Ministère de l'Emploi et de la Solidarité, et Ministère de la Santé. 2001. « Programme National Nutrition-Santé PNNS 2001-2005 ». Paris.40 p.
- Ministère de la Jeunesse, de l'Education Populaire et de la Vie Associative. 2013. Les chiffres-clés du Sport.
- Minton, J., M. Dimairo, E. Everson-Hock, E. Scott, et E. Goyder. 2013. « Exploring the Relationship between Baseline Physical Activity Levels and Mortality Reduction Associated with Increases in Physical Activity: A Modelling Study ». *BMJ* 3 (10) : e003509.
- Mistlberger, R.E., M.C. Antle, I.C. Webb, M. Jones, J. Weinberg, et M.S. Pollock. 2003. « Circadian Clock Resetting by Arousal in Syrian Hamsters: The Role of Stress and Activity ». *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 285 (4): 917-25.
- Mitchell, B.D., et E.A. Streeten. 2013. « Clinical Impact of Recent Genetic Discoveries in Osteoporosis ». *The Application of Clinical Genetics* 6: 75-85.
- Mittelmark, M.B. 1999. « Social Ties and Health Promotion: Suggestions for Population-Based Research ». *Health Education Research* 14 (4): 447-51.
- Miyazaki, T., S. Hashimoto, S. Masubuchi, S. Honma, et K.I. Honma. 2001. « Phase-Advance Shifts of Human Circadian Pacemaker Are Accelerated by Daytime Physical Exercise ». *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 281 (1): 197-205.
- Modlesky, C.M., et R.D. Lewis. 2002. « Does Exercise during Growth Have a Long-Term Effect on Bone Health ? » *Exercise and Sport Sciences Reviews* 30 (4): 171-76.
- Moeller, J.R., T. Ishikawa, V. Dhawan, P. Spetsieris, F. Mandel, G.E. Alexander, C. Grady, P. Pietrini, et D. Eidelberg. 1996. « The Metabolic Topography of Normal Aging ». *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism: Official Journal of the International Society of Cerebral Blood Flow and Metabolism* 16 (3): 385-98.
- Mohammadi, F. 2007. « Comparison of 3 Preventive Methods to Reduce the Recurrence of Ankle Inversion Sprains in Male Soccer Players ». *The American Journal of Sports Medicine* 35 (6): 922-26.
- Mollart, L., V.M. Skinner, C. Newing, et M. Foureur. 2013. « Factors That May Influence Midwives Work-Related Stress and Burnout ». *Women and Birth: Journal of the Australian College of*

Midwives 26 (1): 26-32.

- Monasta, L., G.D. Batty, A. Cattaneo, V. Lutje, L. Ronfani, F.J. van Lenthe, et J. Brug. 2010. « Early-Life Determinants of Overweight and Obesity: A Review of Systematic Reviews ». *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity* 11 (10): 695-708.
- Monk, T.H., D.J. Buysse, M. Hall, E.A. Nofzinger, W.K. Thompson, S.A. Mazumdar, et C.F. Reynolds. 2006. « Age-Related Differences in the Lifestyle Regularity of Seniors Experiencing Bereavement, Care-Giving, Insomnia, and Advancement into Old-Old Age ». *Chronobiology International* 23 (4): 831-41.
- Monninkhof, E.M., S.G. Elias, F.A. Vlems, I. van der Tweel, A.J. Schuit, D.W. Voskuil, F.E. van Leeuwen, et Tfpac. 2007. « Physical Activity and Breast Cancer: A Systematic Review ». *Epidemiology (Cambridge, Mass.)* 18 (1): 137-57.
- Mónok K, K. Berczik. 2012. « Psychometric properties and concurrent validity of two exercise addiction measures: A population wide study in Hungary ». *Psychology of Sport and Exercise* 13: 739-46.
- Montaut, A. 2010. « Santé et recours aux soins des femmes et des hommes. Premiers résultats de l'enquête Handicap-Santé 2008 ». *DREES : Etudes et résultats* 717: 8 p.
- Montaut, A. et S. Danet. 2011. « Les inégalités sociales de santé en France. Exploitation de l'enquête Handicap-Santé 2008 ». *Bulletin épidémiologique hebdomadaire* 8-9: 75-78.
- Montero-Fernández, N., et J.A. Serra-Rexach. 2013. « Role of Exercise on Sarcopenia in the Elderly ». *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* 49 (1): 131-43.
- Montgomery, I., J. Trinder, S. Paxton, D. Harris, G. Fraser, et I. Colrain. 1988. « Physical Exercise and Sleep: The Effect of the Age and Sex of the Subjects and Type of Exercise ». *Acta Physiologica Scandinavica. Supplementum* 574: 36-40.
- Montgomery, I., J. Trinder, et S.J. Paxton. 1982. « Energy Expenditure and Total Sleep Time: Effect of Physical Exercise ». *Sleep* 5 (2): 159-68.
- Montgomery, P., et J. Dennis. 2004. « A Systematic Review of Non-Pharmacological Therapies for Sleep Problems in Later Life ». *Sleep Medicine Reviews* 8 (1): 47-62.
- Moore-Ede, M.C., F.M. Sulzman, et C.A. Fuller. 1982. *The clocks that time us: physiology of the circadian timing system*. Cambridge: Harvard University Press.
- Moore, L.L., D.A. Lombardi, M.J. White, J.L. Campbell, S.A. Oliveria, et R.C. Ellison. 1991. « Influence of Parents' Physical Activity Levels on Activity Levels of Young Children ». *The Journal of Pediatrics* 118 (2): 215-19.
- Moore, M.S., C.J. Dodd, J.R. Welsman, et N. Armstrong. 2004. « Short-Term Appetite and Energy Intake Following Imposed Exercise in 9- to 10-Year-Old Girls ». *Appetite* 43 (2): 127-34.
- Moore, M., et L.J. Meltzer. 2008. « The Sleepy Adolescent: Causes and Consequences of Sleepiness in Teens ». *Paediatric Respiratory Reviews* 9 (2): 114-20.
- Moore, S.C., A.V. Patel, C.E. Matthews, A. Berrington de Gonzalez, Y. Park, H.A. Katki, M.S. Linet, et al. 2012. « Leisure Time Physical Activity of Moderate to Vigorous Intensity and Mortality: A Large Pooled Cohort Analysis ». *PLoS Medicine* 9 (11): e1001335.
- Moran, A., L.M. Steffen, D.R. Jacobs Jr., J. Steinberger, J.S. Pankow, C.-P. Hong, Russell P. Tracy, et Alan R. Sinaiko. 2005. « Relation of C-Reactive Protein to Insulin Resistance and Cardiovascular Risk Factors in Youth ». *Diabetes Care* 28 (7): 1763-68.
- Moran, M., J. van Cauwenberghe, R. Hercky-Linnewiel, E. Cerin, B. Deforche, et P. Plaut. 2014. « Understanding the Relationships between the Physical Environment and Physical Activity in Older Adults: A Systematic Review of Qualitative Studies ». *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 11: 79.
- Mora, S., N. Cook, J.E. Buring, P.M. Ridker, et I.-M. Lee. 2007. « Physical Activity and Reduced Risk of Cardiovascular Events: Potential Mediating Mechanisms ». *Circulation* 116 (19): 2110-18.

- Mora, S., R.F. Redberg, Y. Cui, M.K. Whiteman, J.A. Flaws, A.R. Sharrett, et R.S. Blumenthal. 2003. « Ability of Exercise Testing to Predict Cardiovascular and All-Cause Death in Asymptomatic Women: A 20-Year Follow-up of the Lipid Research Clinics Prevalence Study ». *JAMA* 290 (12): 1600-1607.
- Moreau, K.L., A.J. Donato, D.R. Seals, F.A. Dinunno, S.D. Blackett, G.L. Hoetzer, C.A. Desouza, et H. Tanaka. 2002. « Arterial Intima-Media Thickness: Site-Specific Associations with HRT and Habitual Exercise ». *American Journal of Physiology. Heart and Circulatory Physiology* 283 (4): 1409-17.
- Morgan, P.J., A.D. Okely, D.P. Cliff, R.A. Jones, et L.A. Baur. 2008. « Correlates of objectively measured physical activity in obese children. » *Obesity* 16: 2634-41.
- Morgan, W.P., et S.E. Goldston. 1987. *Exercise and Mental Health*. Hemisphere Publishing Corporation.
- Morikawa, Y., H. Nakagawa, K. Miura, Y. Soyama, M. Ishizaki, T. Kido, Y. Naruse, Y. Suwazono, et K. Nogawa. 2007. « Effect of Shift Work on Body Mass Index and Metabolic Parameters ». *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* 33 (1): 45-50.
- Morio, B., C. Montaurier, G. Pickering, P. Ritz, N. Fellmann, J. Coudert, B. Beaufrère, et M. Vermorel. 1998. « Effects of 14 Weeks of Progressive Endurance Training on Energy Expenditure in Elderly People ». *The British Journal of Nutrition* 80 (6): 511-19.
- Morley, J.E. 2012. « Sarcopenia in the Elderly ». *Family Practice* 29 Suppl 1 (avril): 44-48.
- Morley, J.E., J.M. Argiles, W.J. Evans, S. Bhasin, D. Cella, N.E.P. Deutz, W. Doehner, et al. 2010. « Nutritional Recommendations for the Management of Sarcopenia ». *Journal of the American Medical Directors Association* 11 (6): 391-96.
- Moro, C., M. Berlan, et M.Lafontan. 2006. « [Physiological and pathophysiological features of the control of lipolysis and lipid mobilization by natriuretic peptides] ». *Journal De La Société De Biologie* 200 (1): 67-76.
- Morris, F.L., G.A. Naughton, J.L. Gibbs, J.S. Carlson, et J.D. Wark. 1997. « Prospective Ten-Month Exercise Intervention in Premenarcheal Girls: Positive Effects on Bone and Lean Mass ». *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 12 (9): 1453-62.
- Morris, J.N., M.G. Everitt, R.Pollard, S.P. Chave, et A.M. Semmence. 1980. « Vigorous Exercise in Leisure-Time: Protection against Coronary Heart Disease ». *Lancet (London, England)* 2 (8206): 1207-10.
- Morris, J.N., J.A. Heady, P.A. Raffle, C.G. Roberts, et J.W. Parks. 1953. « Coronary heart-disease and physical activity of work ». *Lancet* 265 (6795): 1053-57.
- Morrow, J.R., L.F. Defina, D. Leonard, E. Trudelle-Jackson, et M.A. Custodio. 2012. « Meeting Physical Activity Guidelines and Musculoskeletal Injury: The WIN Study ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 44 (10): 1986-92.
- Morrow, J.R., et P.S. Freedson. 1994. « Relationship between physical activity and aerobic fitness in adolescents ». *Ped Exerc Sci* 6: 315-29.
- Mossberg, K.A., W.E. Amonette, et B.E. Masel. 2010. « Endurance Training and Cardiorespiratory Conditioning after Traumatic Brain Injury ». *The Journal of head trauma rehabilitation* 25 (3): 173-83.
- Mow, V.C., M.H. Holmes, and W.M. Lai. 1984. "Fluid transport and mechanical properties of articular cartilage: a review." *J Biomech* 17 (5):377-94.
- Mozaffarian, D., T. Hao, E.B. Rimm, W.C. Willett, et F.B. Hu. 2011. « Changes in Diet and Lifestyle and Long-Term Weight Gain in Women and Men ». *The New England Journal of Medicine* 364 (25): 2392-2404.
- Mudd, L.M., K.M. Owe, M.F. Mottola, et J.M. Pivarnik. 2013. « Health Benefits of Physical Activity during Pregnancy: An International Perspective ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 45 (2): 268-77.

- Mudd, L.M., S. Nechuta, J.M. Pivarnik, et N. Paneth. 2009. « Factors associated with women's perceptions of physical activity safety during pregnancy ». *Prev Med* 49: 194-99.
- Mühlbauer, R., T.S. Lukasz, T.S. Faber, T. Stammberger, et F. Eckstein. 2000. « Comparison of Knee Joint Cartilage Thickness in Triathletes and Physically Inactive Volunteers Based on Magnetic Resonance Imaging and Three-Dimensional Analysis ». *The American Journal of Sports Medicine* 28 (4): 541-46.
- Muktabhant, B., T.A. Lawrie, P. Lumbiganon, et M. Laopaiboon. 2015. « Diet or Exercise, or Both, for Preventing Excessive Weight Gain in Pregnancy ». *The Cochrane Database of Systematic Reviews* 6: CD007145.
- Mummery, W.K., G. Schofield, et J.C. Spence. 2002. « The Epidemiology of Medically Attended Sport and Recreational Injuries in Queensland ». *Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia* 5 (4): 307-20.
- Mummery, W.K., J.C. Spence, J.A. Vincenten, et D.C. Voaklander. 1998. « A Descriptive Epidemiology of Sport and Recreation Injuries in a Population-Based Sample: Results from the Alberta Sport and Recreation Injury Survey (ASRIS) ». *Canadian Journal of Public Health = Revue Canadienne De Santé Publique* 89 (1): 53-56.
- Müns, G., P. Singer, F. Wolf, et I. Rubinstein. 1995. « Impaired Nasal Mucociliary Clearance in Long-Distance Runners ». *International Journal of Sports Medicine* 16 (4): 209-13.
- Munteanu, S.E., et C.J. Barton. 2011. « Lower Limb Biomechanics during Running in Individuals with Achilles Tendinopathy: A Systematic Review ». *Journal of Foot and Ankle Research* 4: 15.
- Mura, T., J.-F. Dartigues, et C. Berr. 2010. « How Many Dementia Cases in France and Europe? Alternative Projections and Scenarios 2010-2050 ». *European Journal of Neurology* 17 (2): 252-59.
- Mur de Frenne, L, J. Fleta Zaragozano, J.M. Garagorri Otero, et al. 1997. « Physical activity and leisure time in children. I: Realtion to socioeconomic status ». *An Esp Pediatr* 46: 119-25.
- Murphy, N.A., P. S. Carbone, et al. 2008. « Promoting the participation of children with disabilities in sports, recreation, and physical activities ». *Pediatrics* 121 (5): 1057-61.
- Murphy, S.L. 2009. « Review of Physical Activity Measurement Using Accelerometers in Older Adults: Considerations for Research Design and Conduct ». *Preventive Medicine* 48 (2): 108-14.
- Murtagh, E.M., M.H. Murphy, N.M. Murphy, C. Woods, A.M. Nevill, et A. Lane. 2015. « Prevalence and Correlates of Physical Inactivity in Community-Dwelling Older Adults in Ireland ». *PLoS One* 10 (2): e0118293.
- Must, A., E.N. Naumova, S.M. Phillips, M. Blum, B. Dawson-Hughes, et W M Rand. 2005. « Childhood overweight and maturational timing in the development of adult overweight and fatness: The Newton gilrs study and its follow-up ». *Pediatrics* 116: 620-27.
- Myers, J., A. Kaykha, S. George, J. Abella, N. Zaheer, S. Lear, T. Yamazaki, et V. Froelicher. 2004. « Fitness versus Physical Activity Patterns in Predicting Mortality in Men ». *The American Journal of Medicine* 117 (12): 912-18.
- Myers, J., M. Lee, et J. Kiratli. 2007. « Cardiovascular Disease in Spinal Cord Injury: An Overview of Prevalence, Risk, Evaluation, and Management ». *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation / Association of Academic Physiatrists* 86 (2): 142-52.
- Myers, M.A., I.R. Mackay, et P. Z. Zimet. 2002. « A Dietary Cause of Type 1 Diabetes: Unearthing a New Twist to the Tale ». *Diabetes Technology & Therapeutics* 4 (2): 193-98.
- Myklebust, G., S. Maehlum, L. Engebretsen, T. Strand, et E. Solheim. 1997. « Registration of Cruciate Ligament Injuries in Norwegian Top Level Team Handball. A Prospective Study Covering Two Seasons ». *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 7 (5): 289-92.
- Myklebust, G., S. Maehlum, I. Holm, et R. Bahr. 1998. « A Prospective Cohort Study of Anterior

- Cruciate Ligament Injuries in Elite Norwegian Team Handball ». *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 8 (3): 149-53.
- Myllymäki, T., H. Rusko, H. Syväoja, T. Juuti, M.-L. Kinnunen, et H. Kyröläinen. 2012. « Effects of Exercise Intensity and Duration on Nocturnal Heart Rate Variability and Sleep Quality ». *European Journal of Applied Physiology* 112 (3): 801-9.
- Mynark, R.G., et D.M. Koceja. 2002. « Down Training of the Elderly Soleus H Reflex with the Use of a Spinally Induced Balance Perturbation ». *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)* 93 (1): 127-33.
- Nakao, M., K. Yamamoto, K.-I. Honma, S.Hashimoto, S.Honma, N. Katayama, et M. Yamamoto. 2004. « Modeling Interactions between Photic and Nonphotic Entrainment Mechanisms in Transmeridian Flights ». *Biological Cybernetics* 91 (3): 138-47.
- Nakhaee, Z., A. Rahimi, M. Abaee, A. Rezasoltani, et K. Khademi Kalantari. 2008. « The Relationship between the Height of the Medial Longitudinal Arch (MLA) and the Ankle and Knee Injuries in Professional Runners ». *Foot (Edinburgh, Scotland)* 18 (2): 84-90.
- Narici, M.V., et N. Maffulli. 2010. « Sarcopenia: Characteristics, Mechanisms and Functional Significance ». *British Medical Bulletin* 95: 139-59.
- Narici, M.V., C.N. Maganaris, N.D. Reeves, et P. Capodaglio. 2003. « Effect of Aging on Human Muscle Architecture ». *Journal of Applied Physiology* 95 (6): 2229-34.
- Nascimento, S.L., F.G. Surita, et J.G. Cecatti. 2012. « Physical Exercise during Pregnancy: A Systematic Review ». *Current Opinion in Obstetrics & Gynecology* 24 (6): 387-94.
- Nash, M.S., R.E. Cowan, et Jo. Kressler. 2012. « Evidence-Based and Heuristic Approaches for Customization of Care in Cardiometabolic Syndrome after Spinal Cord Injury ». *The Journal of Spinal Cord Medicine* 35 (5): 278-92.
- National Center for Health Statistics. 2012. « Healthy People 2010. Final Review. », 560 p.
- National High Blood Pressure Education Program Working Group on High Blood Pressure in Children, et Adolescents. 2004. « The Fourth Report on the Diagnosis, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure in Children and Adolescents ». *Pediatrics* 114 (2 Suppl 4th Report): 555-76.
- National Sleep Foundation. 2015. « 2006 Sleep in America Poll – Teens and Sleep ». *Sleep Health: Journal of the National Sleep Foundation* 1 (2): 5 p.
- Naylor, E., P.D. Penev, L. Orbeta, I. Janssen, R. Ortiz, E.F. Colecchia, M. Keng, S. Finkel, et P.C. Zee. 2000. « Daily Social and Physical Activity Increases Slow-Wave Sleep and Daytime Neuropsychological Performance in the Elderly ». *Sleep* 23 (1): 87-95.
- Nazelle, Audrey de. 2015. « Transports actifs et santé : programme européen TAPAS et évaluation d'impact sanitaire à Barcelone (Espagne) ». *Bulletin épidémiologique hebdomadaire* 30-31: 570-79.
- Nedeltcheva, A.V., J.M. Kilkus, J. Imperial, K. Kasza, D.A. Schoeller, et P.D. Penev. 2009. « Sleep Curtailment Is Accompanied by Increased Intake of Calories from Snacks ». *The American Journal of Clinical Nutrition* 89 (1): 126-33.
- Nelson, M.C., et P. Gordon-Larsen. 2006. « Physical Activity and Sedentary Behavior Patterns Are Associated with Selected Adolescent Health Risk Behaviors ». *Pediatrics* 117 (4): 1281-90.
- Nemet, D., R. Arieli, Y.Meckel, et A. Eliakim. 2010. « Immediate Post-Exercise Energy Intake and Macronutrient Preferences in Normal Weight and Overweight Pre-Pubertal Children ». *International Journal of Pediatric Obesity: IJPO: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity* 5 (3): 221-29.
- Nemet, D., D. Geva, M. Pantanowitz, N. Igarria, Y. Meckel, et A. Eliakim. 2011. « Health Promotion Intervention in Arab-Israeli Kindergarten Children ». *Journal of Pediatric Endocrinology & Metabolism: JPEM* 24 (11-12): 1001-7.
- Ness, A., S. Leary, C. Mattocks, S.N. Blair, J.J. Reilly, J. Wells, S. Ingle, K. Tilling, G. Davey Smith, et C. Riddoch. 2007. « Objectively Measured Physical Activity and Fat Mass in a Large

- Cohort of Children ». *PLoS Med* 4 (3): e97.
- Nestler, E.J., et W.A. Carlezon. 2006. « The Mesolimbic Dopamine Reward Circuit in Depression ». *Biological Psychiatry* 59 (12): 1151-59.
- Neville, C.E., L.J. Murray, C.G. Boreham, A.M. Gallagher, J. Twisk, P.J. Robson, J.M. Savage, H.C.G. Kemper, S.H. Ralston, et G.Davey Smith. 2002. « Relationship between Physical Activity and Bone Mineral Status in Young Adults: The Northern Ireland Young Hearts Project ». *Bone* 30 (5): 792-98.
- Newberry, W.N., C.D. Mackenzie, et R.C. Haut. 1998. « Blunt Impact Causes Changes in Bone and Cartilage in a Regularly Exercised Animal Model ». *Journal of Orthopaedic Research: Official Publication of the Orthopaedic Research Society* 16 (3): 348-54.
- Newman, A.B., P.L. Enright, T.A. Manolio, E.F. Haponik, et P.W. Wahl. 1997. « Sleep Disturbance, Psychosocial Correlates, and Cardiovascular Disease in 5201 Older Adults: The Cardiovascular Health Study ». *Journal of the American Geriatrics Society* 45 (1): 1-7.
- New, S.A. 2001. « Exercise, Bone and Nutrition ». *The Proceedings of the Nutrition Society* 60 (2): 265-74.
- Newton, P.M., V.C. Mow, T.R. Gardner, J.A. Buckwalter, et J.P. Albright. 1997. « Winner of the 1996 Cabaud Award. The Effect of Lifelong Exercise on Canine Articular Cartilage ». *The American Journal of Sports Medicine* 25 (3): 282-87.
- Nguyen, M.H., et A. Kruse. 2012. « A Randomized Controlled Trial of Tai Chi for Balance, Sleep Quality and Cognitive Performance in Elderly Vietnamese ». *Clinical Interventions in Aging* 7: 185-90.
- Nicholson, J.P., et D.B. Case. 1983. « Carboxyhaemoglobin levels in New York City runners ». *Physician and Sportsmedicine* 11: 135-38.
- Niederer, I., F. Bürgi, V. Ebenegger, P. Marques-Vidal, C. Schindler, A. Nydegger, S. Kriemler, et J.J. Puder. 2013. « Effects of a Lifestyle Intervention on Adiposity and Fitness in Overweight or Low Fit Preschoolers (Ballabeina) ». *Obesity (Silver Spring, Md.)* 21 (3): 287-93.
- Nielsen, L.S., K.V. Danielsen, et T.I.A. Sørensen. 2011. « Short Sleep Duration as a Possible Cause of Obesity: Critical Analysis of the Epidemiological Evidence ». *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity* 12 (2): 78-92.
- Nielsen, R. O., I. Buist, H. Sørensen, M.Lind, et S. Rasmussen. 2012. « Training Errors and Running Related Injuries: A Systematic Review ». *International Journal of Sports Physical Therapy* 7 (1): 58-75.
- Nielsen, R.O., E. Aagaard Nohr, S. Rasmussen, et H. Sørensen. 2013. « Classifying Running-Related Injuries Based upon Etiology, with Emphasis on Volume and Pace ». *International Journal of Sports Physical Therapy* 8 (2): 172-79.
- NIH Consensus Development Panel on Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy. 2001. « Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy ». *JAMA* 285 (6): 785-95.
- Nikander, R., H. Sievänen, A. Heinonen, R.M. Daly, K. Uusi-Rasi, et P. Kannus. 2010. « Targeted Exercise against Osteoporosis: A Systematic Review and Meta-Analysis for Optimising Bone Strength throughout Life ». *BMC Medicine* 8: 47.
- Nilwik, R., T. Snijders, M. Leenders, B.B.L. Groen, J. van Kranenburg, L.B. Verdijk, et L.J.C. van Loon. 2013. « The Decline in Skeletal Muscle Mass with Aging Is Mainly Attributed to a Reduction in Type II Muscle Fiber Size ». *Experimental Gerontology* 48 (5): 492-98.
- Nixon, G.M., J.M. D. Thompson, D.Y. Han, D.M. Beroft, P.M. Clark, E. Robinson, K.E. Waldie, C.J. Wild, P.N. Black, et E.A. Mitchell. 2008. « Short Sleep Duration in Middle Childhood: Risk Factors and Consequences ». *Sleep* 31 (1): 71-78.
- Nocon, M., T. Hiemann, F. Müller-Riemenschneider, F. Thalau, S. Roll, et S.N. Willich. 2008. « Association of Physical Activity with All-Cause and Cardiovascular Mortality: A Systematic Review and Meta-Analysis ». *European Journal of Cardiovascular Prevention and*

- Rehabilitation: Official Journal of the European Society of Cardiology, Working Groups on Epidemiology & Prevention and Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology* 15 (3): 239-46.
- Noda, H., H. Iso, H. Toyoshima, C. Date, A. Yamamoto, S. Kikuchi, A. Koizumi, et al. 2005. « Walking and Sports Participation and Mortality from Coronary Heart Disease and Stroke ». *Journal of the American College of Cardiology* 46 (9): 1761-67.
- Noehren, B., I. Davis, et J. Hamill. 2007. « ASB Clinical Biomechanics Award Winner 2006 Prospective Study of the Biomechanical Factors Associated with Iliotibial Band Syndrome ». *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)* 22 (9): 951-56.
- Nordstrom, C.K., K.M. Dwyer, C. N. Bairey Merz, A. Shircore, et J.H. Dwyer. 2003. « Leisure Time Physical Activity and Early Atherosclerosis: The Los Angeles Atherosclerosis Study ». *The American Journal of Medicine* 115 (1): 19-25.
- Norman, G.-J., J.-F. Sallis et R. Gaskins. 2005. « Comparability and reliability of paper- and computer-based measures of psychosocial constructs for adolescent physical activity and sedentary behaviors ». *Res Q Exerc Sport*.76(3):315-23.
- Norton, K., L. Norton, et D. Sadgrove. 2010. « Position Statement on Physical Activity and Exercise Intensity Terminology ». *Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia* 13 (5): 496-502.
- Norton, L., K. Norton, et N. Lewis. 2012. « Exercise Training Improves Fasting Glucose Control ». *Open Access Journal of Sports Medicine* 3: 209-14.
- Norton, S., F.E. Matthews, D.E. Barnes, K. Yaffe, et C. Brayne. 2014. « Potential for Primary Prevention of Alzheimer's Disease: An Analysis of Population-Based Data ». *The Lancet. Neurology* 13 (8): 788-94.
- O'Connor, P.J., et S.D. Youngstedt. 1995. « Influence of Exercise on Human Sleep ». *Exercise and Sport Sciences Reviews* 23: 105-34.
- Oda, S. 2001. « The Effects of Recreational Underwater Exercise in Early Evening on Sleep for Physically Untrained Male Subjects ». *Psychiatry and Clinical Neurosciences* 55 (3): 179-81.
- Oda, S., et K. Shirakawa. 2014. « Sleep Onset Is Disrupted Following Pre-Sleep Exercise That Causes Large Physiological Excitement at Bedtime ». *European Journal of Applied Physiology* 114 (9): 1789-99.
- O'Donnell, E., et M.J. De Souza. 2011. « Increased Serum Adiponectin Concentrations in Amenorrheic Physically Active Women Are Associated with Impaired Bone Health but Not with Estrogen Exposure ». *Bone* 48 (4): 760-67.
- O'Hara, N.M., T. Baranowski, B.G. Simons-Morton, B.S. Wilson, et G.S. Parcel. 1989. « Validation of the observation of children's physical activity ». *Res Q Exerc Sport* 60: 42-47.
- Ohayon, M.M., M. Caulet, P. Philip, C. Guilleminault, et R.G. Priest. 1997. « How Sleep and Mental Disorders Are Related to Complaints of Daytime Sleepiness ». *Archives of Internal Medicine* 157 (22): 2645-52.
- Okawa, M., K. Mishima, Y. Hishikawa, S. Hozumi, H. Hori, et K. Takahashi. 1991. « Circadian Rhythm Disorders in Sleep-Waking and Body Temperature in Elderly Patients with Dementia and Their Treatment ». *Sleep* 14 (6): 478-85.
- Oken, E., K.P. Kleinman, M.B. Belfort, J.K. Hammitt, et M.W. Gillman. 2009. « Associations of Gestational Weight Gain with Short- and Longer-Term Maternal and Child Health Outcomes ». *American Journal of Epidemiology* 170 (2): 173-80.
- Oken, E., Y. Ning, S.L. Rifas-Shiman, J.S. Radesky, J.W. Rich-Edwards, et M.W. Gillman. 2006. « Associations of Physical Activity and Inactivity before and during Pregnancy with Glucose Tolerance ». *Obstetrics and Gynecology* 108 (5): 1200-1207.
- Olds, T., S. Blunden, J. Petkov, et F. Forchino. 2010. « The Relationships between Sex, Age, Geography and Time in Bed in Adolescents: A Meta-Analysis of Data from 23 Countries ».

- Sleep Medicine Reviews* 14 (6): 371-78.
- O'Loughlin, J., G. Paradis, N. Kishchuk, et al. 1999. « Prevalence and correlates of physical activity behaviors among elementary schoolchildren in multiethnic, low income, inner-city neighborhoods in Montréal, Canada ». *Ann Epidemiol* 9: 397-407.
- Olsen, J.M. 2013. « An Integrative Review of Literature on the Determinants of Physical Activity among Rural Women ». *Public Health Nursing* 30 (4): 288-311.
- Olsen, O.E., G. Myklebust, L. Engebretsen, I. Holme, et R. Bahr. 2005. « Exercises to Prevent Lower Limb Injuries in Youth Sports: Cluster Randomised Controlled Trial ». *BMJ (Clinical Research Ed.)* 330 (7489): 449.
- Olsen, O.E., G. Myklebust, L. Engebretsen, I. Holme, et R. Bahr. 2003. « Relationship between Floor Type and Risk of ACL Injury in Team Handball ». *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 13 (5): 299-304.
- Omorou, A.Y., J. Coste, H.Escalon, et A. Vuillemin. 2015. « Patterns of Physical Activity and Sedentary Behaviour in the General Population in France: Cluster Analysis with Personal and Socioeconomic Correlates ». *Journal of Public Health (Oxford, England)*, juin.
- O.M.S. 1946. « Constitution de l'organisation Mondiale de la Santé, signée à la conférence internationale de la santé. New-York, le 22 juillet 1946 ».
- O.M.S. 1995. *Physical status: the use and interpretation of anthropometry*. Série rapports techniques n° 854.
- O.M.S. 2003. *Obésité : Prévention et prise en charge de l'épidémie mondiale*. Série rapports techniques n° 894.
- O.M.S. 2005. « Questionnaire mondial sur la pratique d'activités physiques (GPAQ). Guide pour l'analyse ». 26 p.
- O.M.S. 2010. « Recommandations mondiales sur l'activité physique pour la santé ». 60 p.
- Opp, M.R. 2005. « Cytokines and Sleep ». *Sleep Medicine Reviews* 9 (5): 355-64.
- Oravisjärvi, K., M. Pietikäinen, J. Ruuskanen, A. Rautio, A. Voutilainen, et R. L. Keiski. 2011. « Effects of Physical Activity on the Deposition of Traffic-Related Particles into the Human Lungs in Silico ». *The Science of the Total Environment* 409 (21): 4511-18.
- Ornelas, R.T., A.M. Silva, C.S. Minderico, et L.B. Sardinha. 2011. « Changes in Cardiorespiratory Fitness Predict Changes in Body Composition from Childhood to Adolescence: Findings from the European Youth Heart Study ». *The Physician and Sportsmedicine* 39 (2): 78-86.
- ORsaG. 2010. « Enquête Aphyguad: Activité physique, activités sportives et activités sédentaires des enfants en Guadeloupe ». Basse-Terre: Observatoire Régional de la Santé de Guadeloupe (ORsaG).
- Ortega, F.B., E.G. Artero, J.R. Ruiz, V. Espana-Romero, D. Jimenez-Pavon, G. Vicente-Rodriguez, L.A. Moreno, et al. 2010. « Physical fitness levels among European adolescents: the HELENA study ». *Br.J Sports Med* 45 (1): 20-9.
- Ortega, F.B., J.R. Ruiz, A. Hurtig-Wennlöf, et M. Sjöström. 2008. « Physically active adolescents are more likely to have a healthier cardiovascular fitness level independently of their adiposity status. The European Youth Heart Study ». *Rev Esp Cardiol* 61 (2): 123-29.
- Ostrowski, K., P. Schjerling, et B.K. Pedersen. 2000. « Physical Activity and Plasma Interleukin-6 in Humans-Effect of Intensity of Exercise ». *European Journal of Applied Physiology* 83 (6): 512-15.
- Owen, N., G.N. Healy, C.E. Matthews, et D.W. Dunstan. 2010. « Too Much Sitting: The Population-Health Science of Sedentary Behavior ». *Exerc Sport Sci Rev* : 38(3): 105-113.
- Owen, N. 2012. « Sedentary Behavior: Understanding and Influencing Adults' Prolonged Sitting Time ». *Preventive Medicine* 55 (6): 535-39.
- Owen, N., N. Humpel, E. Leslie, A. Bauman, et J.F. Sallis. 2004. « Understanding Environmental Influences on Walking; Review and Research Agenda ». *American Journal of Preventive*

- Medicine* 27 (1): 67-76.
- Owen, N., T. Sugiyama, E.E. Eakin, P.A. Gardiner, M.S. Tremblay, et J.F. Sallis. 2011. « Adults' Sedentary Behavior Determinants and Interventions ». *American Journal of Preventive Medicine* 41 (2): 189-96.
- Ozcivici, E., Y.K. Luu, B. Adler, Y.-X. Qin, J. Rubin, S. Judex, et C.T. Rubin. 2010. « Mechanical Signals as Anabolic Agents in Bone ». *Nature Reviews. Rheumatology* 6 (1): 50-59.
- Paffenbarger, R.S. Jr, R.T. Hyde, et A.L. et al Wing. 1986. « Physical activity, all-cause mortality and longevity of college alumni ». *N Engl Med* 314: 605-13.
- Paffenbarger, R.S., R.T Hyde, A.L. Wing, I.-M. Lee , D.L. Jung, et J.B. Kampert. 1993. «The association of changes in physical-activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men». *N Engl J Med*. Feb 25;328(8):538-45.
- Paillard, T. 2009. *Viellissement et condition physique*. Paris, France: Ellipses.
- Paillard, T. 2013. « Système neuromusculaire et vieillissement: involutions et implications ». *Gériatrie et Psychologie Neuropsychiatrie du Vieillissement* 11 (4): 379-87.
- Paillard, T., C. Lafont, M.C. Costes-Salon, D. Rivière, et P. Dupui. 2004. « Effects of Brisk Walking on Static and Dynamic Balance, Locomotion, Body Composition, and Aerobic Capacity in Ageing Healthy Active Men ». *International Journal of Sports Medicine* 25 (7): 539-46.
- Palma, A., et M. Assis. 2011. « Rich and Physically Active: Where Are We Talking From? » *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 21 (1): 151-52; author reply 153-54.
- Palmer, K.T., M. Bonzini, E.C. Harris, C. Linaker, et J.P. Bonde. 2013. « Work Activities and Risk of Prematurity, Low Birth Weight and Pre-Eclampsia: An Updated Review with Meta-Analysis ». *Occupational and Environmental Medicine* 70 (4): 213-22.
- Paluska, S.A., et T.L. Schwenk. 2000. « Physical activity and mental health: current concepts ». *Sports Med* 29 (3): 167-80.
- Pang, M.Y.C., et R.W.K. Lau. 2010. « The Effects of Treadmill Exercise Training on Hip Bone Density and Tibial Bone Geometry in Stroke Survivors: A Pilot Study ». *Neurorehabilitation and Neural Repair* 24 (4): 368-76.
- Pangrazi, R.P. 2000. « Promoting Physical Activity for Youth ». *Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia* 3 (3): 280-86.
- Panther, J.R., et A. Jones. 2010. « Attitudes and the Environment as Determinants of Active Travel in Adults: What Do and Don't We Know? » *Journal of Physical Activity & Health* 7 (4): 551-61.
- Panush, R. S., C. Schmidt, J. R. Caldwell, N. L. Edwards, S. Longley, R. Yonker, E. Webster, J. Nauman, J. Stork, et H. Pettersson. 1986. « Is Running Associated with Degenerative Joint Disease? » *JAMA* 255 (9): 1152-54.
- Pan, X. R., W. Y. Yang, G. W. Li, et J. Liu. 1997. « Prevalence of Diabetes and Its Risk Factors in China, 1994. National Diabetes Prevention and Control Cooperative Group ». *Diabetes Care* 20 (11): 1664-69.
- Papaioannou, A., J.D. Adachi, K. Winegard, N. Ferko, W. Parkinson, R. J. Cook, C. Webber, et N. McCartney. 2003. « Efficacy of Home-Based Exercise for Improving Quality of Life among Elderly Women with Symptomatic Osteoporosis-Related Vertebral Fractures ». *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA* 14 (8): 677-82.
- Papaioannou, A., S. Morin, A.M. Cheung, S. Atkinson, J.P. Brown, S. Feldman, D.A. Hanley, et al. 2010. « 2010 Clinical Practice Guidelines for the Diagnosis and Management of Osteoporosis in Canada: Summary ». *CMAJ: Canadian Medical Association Journal = Journal de l'Association Médicale Canadienne* 182 (17): 1864-73.
- Parkkari, J., P. Kannus, A. Natri, I. Lapinleimu, M. Palvanen, M. Heiskanen, I. Vuori, et M. Järvinen. 2004. « Active Living and Injury Risk ». *International Journal of Sports Medicine*

25 (3): 209-16.

- Pascal, M., M. Corso, O. Chanel, C. Declercq, C. Badaloni, G. Cesaroni, S. Henschel, et al. 2013. « Assessing the Public Health Impacts of Urban Air Pollution in 25 European Cities: Results of the Apekom Project ». *The Science of the Total Environment* 449 (avril): 390-400.
- Passos, G.S., D.L. Rollemberg Poyares, M. Gonçalves Santana, S. Tufik, et M. Túlio de Mello. 2012. « Is Exercise an Alternative Treatment for Chronic Insomnia? » *Clinics (São Paulo, Brazil)* 67 (6): 653-60.
- Passos, G. S., D. Poyares, M. Gonçalves Santana, C. Vicaria Rodrigues D'Aurea, S. D. Youngstedt, S. Tufik, et M. Túlio de Mello. 2011. « Effects of Moderate Aerobic Exercise Training on Chronic Primary Insomnia ». *Sleep Medicine* 12 (10): 1018-27.
- Patatoukas, D., A. Farmakides, V. Aggeli, S. Fotaki, H. Tsididakis, A.F. Mavrogenis, J. Papathanasiou, et P.J. Papagelopoulos. 2011. « Disability-Related Injuries in Athletes with Disabilities ». *Folia Medica* 53 (1): 40-46.
- Pate, R.R., M. Dowda, et J.G. Ross. 1990. « Associations between physical activity and physical fitness in American children ». *Am J Dis Child* 144: 1123-29.
- Pate, R.R., J.A. Mitchell, W. Byun, et M. Dowda. 2011. « Sedentary behaviour in youth ». *Br J Sports Med* 45 (11): 906-13.
- Pate, R.R., M. Pratt, S.N. Blair, W.L. Haskell, C.A. Macera, C. Bouchard, D. Buchner, W. Ettinger, G.W. Heath, A.C. King, et al. 1995. « Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. » *JAMA* 273 (5): 402-7.
- Pate, R.R., S. Trost, et C. William. 1998. « Critique of existing guidelines for physical activity in young people ». In *Young and Active ?*, édité par S. Biddle, J.F. Sallis, et N. Cavill, 162-72. London (UK): Health Education Authority.
- Paterson, D.H., et D.A. Cunningham. 1999. « The Gas Transporting Systems: Limits and Modifications with Age and Training ». *Canadian Journal of Applied Physiology = Revue Canadienne De Physiologie Appliquée* 24 (1): 28-40.
- Pate, R.R., M.G. Davis, T.N. Robinson, E.J. Stone, T.L. McKenzie, J.C. Young, American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Physical Activity Committee), Council on Cardiovascular Disease in the Young, et Council on Cardiovascular Nursing. 2006. « Promoting Physical Activity in Children and Youth: A Leadership Role for Schools: A Scientific Statement from the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Physical Activity Committee) in Collaboration with the Councils on Cardiovascular Disease in the Young and Cardiovascular Nursing ». *Circulation* 114 (11): 1214-24.
- Paturi, S., A.K. Gutta, A. Katta, S.K. Kakarla, R.K. Arvapalli, M.K. Gadde, S.K. Nalabotu, K.M. Rice, M. Wu, et E. Blough. 2010. « Effects of Aging and Gender on Muscle Mass and Regulation of Akt-mTOR-p70s6k Related Signaling in the F344BN Rat Model ». *Mechanisms of Ageing and Development* 131 (3): 202-9.
- Paulson, H.L., et I. Igo. 2011. « Genetics of Dementia ». *Seminars in Neurology* 31 (5): 449-60.
- Paz, C., et S. Huitron-Resendiz. 1996. « The Effects of Ozone Exposure on the Sleep-Wake Cycle and Serotonin Contents in the Pons of the Rat ». *Neuroscience Letters* 204 (1-2): 49-52.
- Pedersen, B. K. 2006. « The Anti-Inflammatory Effect of Exercise: Its Role in Diabetes and Cardiovascular Disease Control ». *Essays in Biochemistry* 42: 105-17.
- Peel, N.M., S.S. Kuys, et K. Klein. 2013. « Gait Speed as a Measure in Geriatric Assessment in Clinical Settings: A Systematic Review ». *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences* 68 (1): 39-46.
- Pelkonen, M., I.-L. Notkola, T. Lakka, H.O. Tukiainen, P. Kivinen, et A. Nissinen. 2003. « Delaying Decline in Pulmonary Function with Physical Activity: A 25-Year Follow-Up ». *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 168 (4): 494-99.

- Péneau, S., B. Salanave, M.F. Rolland-Cachera, S. Hercberg, et K. Castetbon. 2011. « Correlates of sedentary behavior in 7 to 9-year-old French children are dependent on maternal weight status ». *Int J Obes (Lond)* 35 (7): 907-15.
- Pereira, A.C., W. Wu, et S.A. Small. 2007. « Imaging-Guided Microarray: Isolating Molecular Profiles That Dissociate Alzheimer's Disease from Normal Aging ». *Annals of the New York Academy of Sciences* 1097 (février): 225-38.
- Pereira, M.A., S.J. FitzGerald, E.W. Gregg, M.L. Joswiak, W.J. Ryan, R.R. Suminski, A.C. Utter, et J.M. Zmuda. 1997. « A Collection of Physical Activity Questionnaires for Health-Related Research ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 29 (6 Suppl): 1-205.
- Pérel, C., F. Chin, P. Tuppin, N. Danchin, F. Alla, Y. Juillière, et C. de Peretti. 2012. « Taux de patients hospitalisés pour insuffisance cardiaque en 2008 et évolutions en 2002-2008, France ». *Bulletin épidémiologique hebdomadaire* 41: 466-70.
- Pérez, C. A., et J. M. Cancela Carral. 2008. « Benefits of Physical Exercise for Older Adults with Alzheimer's Disease ». *Geriatric Nursing (New York, N.Y.)* 29 (6): 384-91.
- Pérez-Martin, A., E. Raynaud, et J. Mercier. 2001. « Insulin Resistance and Associated Metabolic Abnormalities in Muscle: Effects of Exercise ». *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity* 2 (1): 47-59.
- Perk, J., G. De Backer, H. Gohlke, I. Graham, Z. Reiner, M. Verschuren, C. Albus, et al. 2012. « European Guidelines on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice (version 2012). The Fifth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice (constituted by Representatives of Nine Societies and by Invited Experts) ». *European Heart Journal* 33 (13): 1635-1701.
- Perrin, P. P., G. C. Gauchard, C. Perrot, et C. Jeandel. 1999. « Effects of Physical and Sporting Activities on Balance Control in Elderly People ». *British Journal of Sports Medicine* 33 (2): 121-26.
- Perrin, P.P., C. Jeandel, C.A. Perrin, et M.C. Béné. 1997. « Influence of Visual Control, Conduction, and Central Integration on Static and Dynamic Balance in Healthy Older Adults ». *Gerontology* 43 (4): 223-31.
- Perseghin, G., T.B. Price, et K.F. Petersen et al; 1996. « Increased glucose transport-phosphorylation and muscle glycogen synthesis after exercise training in insulin-resistant subjects ». *N Eng J Med* 335: 1357-62.
- Péruze, L. 2004. « Note introductive sur les gènes, l'activité physique et la performance aérobie ». In *Congrès de l'ACAPS* 3-4.
- Pescatello, L.S., A.E. Fargo, C.N. Leach, et H.H. Scherzer. 1991. « Short-Term Effect of Dynamic Exercise on Arterial Blood Pressure ». *Circulation* 83 (5): 1557-61.
- Pesonen, A.K., N.M.Sjösten, K.A. Matthews, K. Heinonen, S. Martikainen, E. Kajantie, T. Tammelin, J.G. Eriksson, T. Strandberg, et K.Räikkönen. 2011. « Temporal Associations between Daytime Physical Activity and Sleep in Children ». *PloS One* 6 (8): e22958.
- Peters, A. 2002. « The Effects of Normal Aging on Myelin and Nerve Fibers: A Review ». *Journal of Neurocytology* 31 (8-9): 581-93.
- Petersen, A.M.W., et B.K. Pedersen. 2006. « The Role of IL-6 in Mediating the Anti-Inflammatory Effects of Exercise ». *Journal of Physiology and Pharmacology: An Official Journal of the Polish Physiological Society* 57 Suppl 10 (novembre): 43-51.
- Petit, M.A., H.A. McKay, K.J. MacKelvie, A. Heinonen, K. M. Khan, et T. J. Beck. 2002. « A Randomized School-Based Jumping Intervention Confers Site and Maturity-Specific Benefits on Bone Structural Properties in Girls: A Hip Structural Analysis Study ». *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 17 (3): 363-72.
- Petrolini, N., L. Iughetti, et S. Bernasconi. 1995. « Difficulty in visual motor coordination as a

- possible cause of sedentary behaviour in obese children ». *Int J Obes Metab Disord* 19: 928.
- Petruzzello, S.J., D.M. Landers, B.D. Hatfield, K.A. Kubitz, et W. Salazar. 1991. « A Meta-Analysis on the Anxiety-Reducing Effects of Acute and Chronic Exercise. Outcomes and Mechanisms ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 11 (3): 143-82.
- Pettee Gabriel, K.K., J.R. Morrow, et A.-L.T. Woolsey. 2012. « Framework for Physical Activity as a Complex and Multidimensional Behavior ». *Journal of Physical Activity & Health* 9 Suppl 1 (janvier): 11-18.
- Peyrin, F., C. Muller, Y. Carillon, S. Nuzzo, A. Bonnassie, et A. Briguet. 2001. « Synchrotron Radiation microCT: A Reference Tool for the Characterization of Bone Samples ». *Advances in Experimental Medicine and Biology* 496: 129-42.
- Pfeiffer, K.A., K.L. McIver, M. Dowda, M.J. Almeida, et R.R. Pate. 2006. « Validation and calibration of the Actical accelerometer in preschool children ». *Med Sci Sports Exerc* 38 (1): 152-57.
- Philpott, J.F., K. Houghton, et A. Luke. 2010. « Physical activity recommendations for children with specific chronic health conditions: juvenile idiopathic arthritis, hemophilia, asthma, and cystic fibrosis ». *Clin J Sport Med* 20 (3): 167-72.
- Pien, G.W., et R.J. Schwab. 2004. « Sleep Disorders during Pregnancy ». *Sleep* 27 (7): 1405-17.
- Piirtola, M., et E. Pertti. 2006. « Force Platform Measurements as Predictors of Falls among Older People - a Review ». *Gerontology* 52 (1): 1-16.
- Pilcher, J.J., et A.I. Huffcutt. 1996. « Effects of Sleep Deprivation on Performance: A Meta-Analysis ». *Sleep* 19 (4): 318-26.
- Pitetti, J.-L., P. Calvel, C. Zimmermann, B. Conne, M.D. Papaioannou, F. Aubry, C.R. Cederroth, et al. 2013. « An Essential Role for Insulin and IGF1 Receptors in Regulating Sertoli Cell Proliferation, Testis Size, and FSH Action in Mice ». *Molecular Endocrinology (Baltimore, Md.)* 27 (5): 814-27.
- Plasqui, G., A.G. Bonomi, et K.R. Westerterp. 2013. « Daily Physical Activity Assessment with Accelerometers: New Insights and Validation Studies ». *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity* 14 (6): 451-62.
- Plasqui, G., et K.R. Westerterp. 2007. « Physical activity assessment with accelerometers: an evaluation against doubly labeled water ». *Obesity* 15: 2371-79.
- Platat, C., A. Wagner, T. Klumpp, B. Schweitzer, et C. Simon. 2006. « Relationships of Physical Activity with Metabolic Syndrome Features and Low-Grade Inflammation in Adolescents ». *Diabetologia* 49 (9): 2078-85.
- Plonczynski, D.J. 2003. « Physical Activity Determinants of Older Women: What Influences Activity? ». *Medsurg Nursing: Official Journal of the Academy of Medical-Surgical Nurses* 12 (4): 213-21, 259.
- Pluim, B.M., J.B. Staal, G.E. Windler, et N. Jayanthi. 2006. « Tennis Injuries: Occurrence, Aetiology, and Prevention ». *British Journal of Sports Medicine* 40 (5): 415-23.
- Polivy, J., et V. Clendenen. 1993. « Exercise and Compulsive Behavior. »
- Pollock, M.L., J.F. Carroll, J.E. Graves, S.H. Leggett, R.W. Braith, M. Limacher, et J.M. Hagberg. 1991. « Injuries and Adherence to Walk/jog and Resistance Training Programs in the Elderly ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 23 (10): 1194-1200.
- Pons-Villanueva, J., M. Seguí-Gómez, et M.A. Martínez-González. 2010. « Risk of Injury according to Participation in Specific Physical Activities: A 6-Year Follow-up of 14 356 Participants of the SUN Cohort ». *International Journal of Epidemiology* 39 (2): 580-87.
- Poortmans, J.R., et Y.A. Carpentier. 2009. « Sarcopénie, vieillissement et exercice ». *Science & Sports* 24 (2): 74-78.
- Pope, R.P. 2002. « Rubber Matting on an Obstacle Course Causes Anterior Cruciate Ligament Ruptures and Its Removal Eliminates Them ». *Military Medicine* 167 (4): 355-58.

- Pope, R.P., R.D. Herbert, J.D. Kirwan, et B.J. Graham. 2000. « A Randomized Trial of Preexercise Stretching for Prevention of Lower-Limb Injury ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 32 (2): 271-77.
- Popovic, M., S.Puchner, G. Endler, C. Foraschik, E. Minar, et R.A. Bucek. 2010. « The Effects of Endurance and Recreational Exercise on Subclinical Evidence of Atherosclerosis in Young Adults ». *The American Journal of the Medical Sciences* 339 (4): 332-36.
- Porkka-Heiskanen, T., R.E. Strecker, M. Thakkar, A.A. Bjorkum, R.W. Greene, et R.W. McCarley. 1997. « Adenosine: A Mediator of the Sleep-Inducing Effects of Prolonged Wakefulness ». *Science (New York, N.Y.)* 276 (5316): 1265-68.
- Poudevigne, M.S., et P.J. O'Connor. 2006. « A review of physical activity patterns in pregnant women and their relationship to psychological health ». *Sports Med* 36 (1): 19-38.
- Pousson, M., R. Lepers, et J. van Hoecke. 2001. « Changes in Isokinetic Torque and Muscular Activity of Elbow Flexors Muscles with Age ». *Experimental Gerontology* 36 (10): 1687-98.
- Powell, K.E., G.W. Heath, M.J. Kresnow, J.J. Sacks, et C.M. Branche. 1998. « Injury Rates from Walking, Gardening, Weightlifting, Outdoor Bicycling, and Aerobics ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30 (8): 1246-49.
- Powers, C.M. 2010. « The Influence of Abnormal Hip Mechanics on Knee Injury: A Biomechanical Perspective ». *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 40 (2): 42-51.
- Powers, S.K., A.J. Smuder, A.N. Kavazis, et J.C. Quindry. 2014. « Mechanisms of Exercise-Induced Cardioprotection ». *Physiology (Bethesda, Md.)* 29 (1): 27-38.
- Praet, S.F.E., et L.J.C. van Loon. 2007. « Optimizing the Therapeutic Benefits of Exercise in Type 2 Diabetes ». *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)* 103 (4): 1113-20.
- Prinz, P.N., M.V. Vitiello, M.A. Raskind, et M.J. Thorpy. 1990. « Geriatrics: Sleep Disorders and Aging ». *The New England Journal of Medicine* 323 (8): 520-26.
- Prinz, P.N., E.D. Weitzman, G.R. Cunningham, et I. Karacan. 1983. « Plasma Growth Hormone during Sleep in Young and Aged Men ». *Journal of Gerontology* 38 (5): 519-24.
- Province, M.A., E.C. Hadley, M.C. Hornbrook, L.A. Lipsitz, J.P. Miller, C.D. Mulrow, M.G. Ory, R.W. Sattin, M.E. Tinetti, et S.L. Wolf. 1995. « The Effects of Exercise on Falls in Elderly Patients. A Preplanned Meta-Analysis of the FICSIT Trials. Frailty and Injuries: Cooperative Studies of Intervention Techniques ». *JAMA* 273 (17): 1341-47.
- Puder, J.J., C. Schindler, L. Zahner, et S. Kriemler. 2011. « Adiposity, Fitness and Metabolic Risk in Children: A Cross-Sectional and Longitudinal Study ». *International Journal of Pediatric Obesity: IJPO: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity* 6 (2-2): 297-306.
- Pulsford, R.M., M. Cortina-Borja, C.Rich, F.E. Kinnafick, C. Dezateux, et L.J. Griffiths. 2011. « Actigraph accelerometer-defined boundaries for sedentary behaviour and physical activity intensities in 7 year old children ». *PLoS One*. 8 (6): e21822.
- Puranen, J., L. Ala-Ketola, P. Peltokallio, et J. Saarela. 1975. « Running and Primary Osteoarthritis of the Hip ». *British Medical Journal* 2 (5968): 424-25.
- Puyau, M.R., A.L. Adolph, F.A. Vohra, et N.F. Butte. 2002. « Validation and calibration of physical activity monitors in children ». *Obesity Res* 10 (3): 150-57.
- Puyau, M.R., A.L. Adolph, F.A. Vohra, I. Zakeri, et N.F. Butte. 2004. « Prediction of activity energy expenditure using accelerometers in children ». *Med Sci Sports Exerc* 36: 1625-31.
- Qin, S., E.J. Hermans, H.J.F. van Marle, et G. Fernández. 2012. « Understanding Low Reliability of Memories for Neutral Information Encoded under Stress: Alterations in Memory-Related Activation in the Hippocampus and Midbrain ». *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience* 32 (12): 4032-41.
- Qureshi, I.A., et M.F. Mehler. 2014. « Epigenetics of Sleep and Chronobiology ». *Current Neurology and Neuroscience Reports* 14 (3): 432.

- Raat, H., J.M. Landgraf, G.J. Bonsel, R.J.B.J. Gemke, et M.L. Essink-Bot. 2002. « Reliability and Validity of the Child Health Questionnaire-Child Form (CHQ-CF87) in a Dutch Adolescent Population ». *Quality of Life Research: An International Journal of Quality of Life Aspects of Treatment, Care and Rehabilitation* 11 (6): 575-81.
- Radak, Z., N. Hart, L. Sarga, E. Koltai, M. Atalay, H. Ohno, et I. Boldogh. 2010. « Exercise Plays a Preventive Role against Alzheimer's Disease ». *Journal of Alzheimer's Disease: JAD* 20 (3): 777-83.
- Radin, E.L., et D.B. Burr. 1984. « Hypothesis: Joints Can Heal ». *Seminars in Arthritis and Rheumatism* 13 (3): 293-302.
- Radulovacki, M. 2005. « Adenosine Sleep Theory: How I Postulated It ». *Neurological Research* 27 (2): 137-38.
- Rahe, R.H., C. Barr Taylor, R.L. Tolles, L.M. Newhall, T.L. Veach, et S. Bryson. 2002. « A Novel Stress and Coping Workplace Program Reduces Illness and Healthcare Utilization ». *Psychosomatic Medicine* 64 (2): 278-86.
- Raitakari, O.T., M. Juonala, M. Kähönen, L. Taittonen, T. Laitinen, N. Mäki-Torkko, M.J. Jarvisalo, et al. 2003. « Cardiovascular Risk Factors in Childhood and Carotid Artery Intima-Media Thickness in Adulthood: The Cardiovascular Risk in Young Finns Study ». *JAMA: The Journal of the American Medical Association* 290 (17): 2277-83.
- Rajan, S., M.J. McNeely, C. Warmes, et B. Goldstein. 2008. « Clinical Assessment and Management of Obesity in Individuals with Spinal Cord Injury: A Review ». *The Journal of Spinal Cord Medicine* 31 (4): 361-72.
- Ramachandran, A., C. Snehalatha, A. Yamuna, S. Mary, et Z. Ping. 2007. « Cost-Effectiveness of the Interventions in the Primary Prevention of Diabetes among Asian Indians: Within-Trial Results of the Indian Diabetes Prevention Programme (IDPP) ». *Diabetes Care* 30 (10): 2548-52.
- Ramirez, M., J. Yang, L. Bourque, J. Javien, S. Kashani, M.A. Limbos, et C. Peek-Asa. 2009. « Sports Injuries to High School Athletes with Disabilities ». *Pediatrics* 123 (2): 690-96.
- Rana, J.S., T.Y. Li, J.E. Manson, et F.B. Hu. 2007. « Adiposity Compared with Physical Inactivity and Risk of Type 2 Diabetes in Women ». *Diabetes Care* 30 (1): 53-58.
- Rangan, V.V., L.H. Willis, C.A. Slentz, L.A. Bateman, A.T. Shields, J.A. Houmard, et W.E. Kraus. 2011. « Effects of an 8-Month Exercise Training Program on off-Exercise Physical Activity ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 43 (9): 1744-51.
- Rangul, V., A. Bauman, T. Lingaas Holmen, et K. Midtjell. 2012. « Is Physical Activity Maintenance from Adolescence to Young Adulthood Associated with Reduced CVD Risk Factors, Improved Mental Health and Satisfaction with Life: The HUNT Study, Norway ». *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 9: 144.
- Rannou, F., S. Poiraudou, et M. Revel. 2001. « [Cartilage: from biomechanics to physical therapy] ». *Annales De Réadaptation Et De Médecine Physique: Revue Scientifique De La Société Française De Rééducation Fonctionnelle De Réadaptation Et De Médecine Physique* 44 (5): 259-67.
- Rasberry, C.N., S.M. Lee, L. Robin, B.A. Laris, L.A. Russell, K.K. Coyle, et A.J. Nihiser. 2011. « The Association between School-Based Physical Activity, Including Physical Education, and Academic Performance: A Systematic Review of the Literature ». *Preventive Medicine* 52 Suppl 1 (juin): 10-20.
- Rauch, F., et E. Schoenau. 2002. « Skeletal Development in Premature Infants: A Review of Bone Physiology beyond Nutritional Aspects ». *Archives of Disease in Childhood. Fetal and Neonatal Edition* 86 (2): 82-85.
- Ravens-Sieberer, U., A. Gosch, I.L. Rajmi, M. Erhart, J. Bruil, W. Duer, P. Auquier, et al. 2005. « KIDSCREEN-52 quality-of-life measure for children and adolescents ». *Expert Rev Pharmacoecon Outcomes Res* 5 (3): 353-64.

- Ravens-Sieberer, U., N. Wille, X. Badia, G. Bonsel, K. Burström, G. Cavrini, N. Devlin, et al. 2010. « Feasibility, Reliability, and Validity of the EQ-5D-Y: Results from a Multinational Study ». *Quality of Life Research: An International Journal of Quality of Life Aspects of Treatment, Care and Rehabilitation* 19 (6): 887-97.
- Rector, R. S., R. Rogers, M. Ruebel, et P.S. Hinton. 2008. « Participation in Road Cycling vs Running Is Associated with Lower Bone Mineral Density in Men ». *Metabolism: Clinical and Experimental* 57 (2): 226-32.
- Redlin, U., et N. Mrosovsky. 1997. « Exercise and Human Circadian Rhythms: What We Know and What We Need to Know ». *Chronobiology International* 14 (2): 221-29.
- Reid, K.J., K. Glazer Baron, B. Lu, E. Naylor, L. Wolfe, et P.C. Zee. 2010. « Aerobic Exercise Improves Self-Reported Sleep and Quality of Life in Older Adults with Insomnia ». *Sleep Medicine* 11 (9): 934-40.
- Reilly, J.J., J. Coyle, L. Kelly, G. Burke, S. Grant, et J.Y. Paton. 2003. « An objective method of measurement of sedentary behavior in 3- to 4-year olds ». *Obes Res* 11 (10): 1155-58.
- Reilly, J.J., V. Penpraze, J. Hislop, G. Davies, S. Grant, et J.Y. Paton. 2008. « Objective measurement of physical activity and sedentary behaviour: review with new data ». *Arch Dis Child* 93 (7): 614-19.
- Reilly, T., et G.A. Brooks. 1990. « Selective Persistence of Circadian Rhythms in Physiological Responses to Exercise ». *Chronobiology International* 7 (1): 59-67.
- Reilly, T., et B. Edwards. 2007. « Altered Sleep-Wake Cycles and Physical Performance in Athletes ». *Physiology & Behavior* 90 (2-3): 274-84.
- Reiman, M.P., L.A. Bolgla, et D. Lorenz. 2009. « Hip Functions Influence on Knee Dysfunction: A Proximal Link to a Distal Problem ». *Journal of Sport Rehabilitation* 18 (1): 33-46.
- Reinberg, A. 1989. *Les Rythmes biologiques: (Chronobiologie)*. Paris, France: Presses universitaires de France.
- Rejeski, W.J., L.R. Brawley, et S.A. Shumaker. 1996. « Physical Activity and Health-Related Quality of Life ». *Exercise and Sport Sciences Reviews* 24: 71-108.
- Renehan, A.G., I. Soerjomataram, M. Tyson, M. Egger, M. Zwahlen, J.W. Coebergh, et I. Buchan. 2010. « Incident Cancer Burden Attributable to Excess Body Mass Index in 30 European Countries ». *International Journal of Cancer. Journal International Du Cancer* 126 (3): 692-702.
- Repo, R.U., et J.B. Finlay. 1977. « Survival of Articular Cartilage after Controlled Impact ». *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume* 59 (8): 1068-76.
- Resaland, G.K., S.A. Anderssen, I.M. Holme, A. Mamen, et L.B. Andersen. 2011. « Effects of a 2-Year School-Based Daily Physical Activity Intervention on Cardiovascular Disease Risk Factors: The Sogndal School-Intervention Study ». *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 21 (6): 122-31.
- Rethorst, C.D., B.M. Wipfli, et D.M. Landers. 2009. « The Antidepressive Effects of Exercise: A Meta-Analysis of Randomized Trials ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 39 (6): 491-511.
- Revel, M., M.A. Mayoux-Benhamou, J.P. Roubertin, F. Bagheri, et C. Roux. 1993. « One-Year Psoas Training Can Prevent Lumbar Bone Loss in Postmenopausal Women: A Randomized Controlled Trial ». *Calcified Tissue International* 53 (5): 307-11.
- Reynolds, K.D., J.D. Killen, S.W. Bryson, et al. 1990. « Psychosocial predictors of physical activity in adolescents ». *Prev Med* 19: 541-51.
- Rhodes, J.S., T. Garland, et S.C. Gammie. 2003. « Patterns of Brain Activity Associated with Variation in Voluntary Wheel-Running Behavior ». *Behavioral Neuroscience* 117 (6): 1243-56.
- Rhodes, R.E., A.D. Martin, J.E. Taunton, E.C. Rhodes, M. Donnelly, et J. Elliot. 1999. « Factors Associated with Exercise Adherence among Older Adults. An Individual Perspective ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 28 (6): 397-411.

- Rhodes, R.E., et N.E.I. Smith. 2006. « Personality Correlates of Physical Activity: A Review and Meta-Analysis ». *British Journal of Sports Medicine* 40 (12): 958-65.
- Rhodes, R.E., R.S. Mark, et C.P. Temmel. 2012. « Adult Sedentary Behavior: A Systematic Review ». *American Journal of Preventive Medicine* 42 (3): 3-28.
- Ribeiro, S.M.L., et J.J. Kehayias. 2014. « Sarcopenia and the Analysis of Body Composition ». *Advances in Nutrition (Bethesda, Md.)* 5 (3): 260-67.
- Richardson, G.S. 2005. « The Human Circadian System in Normal and Disordered Sleep ». *The Journal of Clinical Psychiatry* 66 Suppl 9: 3-9.
- Riddoch, C.J., L.-B. Andersen, N. Wedderkopp, M. Harro, L. Klasson-Heggebo, L.B. Sardinha, A.R. Cooper, et U. Ekelund. 2004. « Physical activity levels and patterns of 9- and 15-yr-old European children ». *Med Sci Sports Exerc* 36 (1): 86-92.
- Ridgers, N.D., A. Timperio, E. Cerin, et J. Salmon. 2014. « Compensation of Physical Activity and Sedentary Time in Primary School Children ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 46 (8): 1564-69.
- Ridley, K, et T.S. Olds. 2008. « Assigning energy costs to activities in children: a review and synthesis ». *Med Sci Sports Exerc* 40 (8): 1439-46.
- Rieu, I., H. Magne, I. Savary-Auzeloux, J. Averous, C. Bos, M.A. Peyron, L. Combaret, et D.Dardevet. 2009. « Reduction of Low Grade Inflammation Restores Blunting of Postprandial Muscle Anabolism and Limits Sarcopenia in Old Rats ». *The Journal of Physiology* 587 (Pt 22): 5483-92.
- Riggs, B.L., S. Khosla, et L. Joseph Melton. 2002. « Sex Steroids and the Construction and Conservation of the Adult Skeleton ». *Endocrine Reviews* 23 (3): 279-302.
- Rigou, A., J.A. Mensah, M. Geoffroy, et B. Thelot. 2013. « Une estimation des décès traumatiques liés à la pratique sportive en France métropolitaine, en 2010 ». *Journal de traumatologie du sport* 30 (3): 159-65.
- Rimmer, J.H. 2005. « Exercise and Physical Activity in Persons Aging with a Physical Disability ». *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America* 16 (1): 41-56.
- Rimmer, J.H. 2012. « Getting beyond the Plateau: Bridging the Gap between Rehabilitation and Community-Based Exercise ». *PM & R: The Journal of Injury, Function, and Rehabilitation* 4 (11): 857-61.
- Rimmer, J.H., M.-D. Chen, et K. Hsieh. 2011. « A Conceptual Model for Identifying, Preventing, and Managing Secondary Conditions in People with Disabilities ». *Physical Therapy* 91 (12): 1728-39.
- Rimmer, J.H., M.-D. Chen, J.A. McCubbin, C. Drum, et J. Peterson. 2010. « Exercise Intervention Research on Persons with Disabilities: What We Know and Where We Need to Go ». *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation / Association of Academic Physiatrists* 89 (3): 249-63.
- Rimmer, J.H., B. Riley, E. Wang, A. Rauworth, et J. Jurkowski. 2004. « Physical Activity Participation among Persons with Disabilities: Barriers and Facilitators ». *American Journal of Preventive Medicine* 26 (5): 419-25.
- Rimmer, J.H., J.L. Rowland, et K. Yamaki. 2007. « Obesity and Secondary Conditions in Adolescents with Disabilities: Addressing the Needs of an Underserved Population ». *The Journal of Adolescent Health: Official Publication of the Society for Adolescent Medicine* 41 (3): 224-29.
- Rimmer, J.H., W. Schiller, et M.-D. Chen. 2012. « Effects of Disability-Associated Low Energy Expenditure Deconditioning Syndrome ». *Exercise and Sport Sciences Reviews* 40 (1): 22-29.
- Rimmer, J.A., et J.L. Rowland. 2008. « Physical activity for youth with disabilities: a critical need in an underserved population ». *Dev Neurorehabil* 11 (2): 141-48.

- Riner, W.F., et S.H.Sellhorst. 2013. "Physical activity and exercise in children with chronic health conditions." *J Sport Health Sc* 2 (1):12-20.
- Ring, C., U.S. Nayak, et B. Isaacs. 1989. « The Effect of Visual Deprivation and Proprioceptive Change on Postural Sway in Healthy Adults ». *Journal of the American Geriatrics Society* 37 (8): 745-49.
- Rissel, C., N. Curac, M. Greenaway, et A. Bauman. 2012. « Physical Activity Associated with Public Transport Use--a Review and Modelling of Potential Benefits ». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 9 (7): 2454-78.
- Rizzoli, R., J.P. Bonjour, et S.L. Ferrari. 2001. « Osteoporosis, Genetics and Hormones ». *Journal of Molecular Endocrinology* 26 (2): 79-94.
- Rizzo, N.S., J.R. Ruiz, L. Oja, T. Veidebaum, et M. Sjöström. 2008. « Associations between Physical Activity, Body Fat, and Insulin Resistance (homeostasis Model Assessment) in Adolescents: The European Youth Heart Study ». *The American Journal of Clinical Nutrition* 87 (3): 586-92.
- Roberts, J.D., J.D. Voss, et B. Knight. 2014. « The Association of Ambient Air Pollution and Physical Inactivity in the United States ». *PloS One* 9 (3): e90143.
- Roberts, R.E., C.R. Roberts, et H.T. Duong. 2008. « Chronic Insomnia and Its Negative Consequences for Health and Functioning of Adolescents: A 12-Month Prospective Study ». *The Journal of Adolescent Health: Official Publication of the Society for Adolescent Medicine* 42 (3): 294-302.
- Robey, E., B. Dawson, S. Halson, W. Gregson, S. King, C. Goodman, et P. Eastwood. 2013. « Effect of Evening Postexercise Cold Water Immersion on Subsequent Sleep ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 45 (7): 1394-1402.
- Robledo-Colonia, A.F., N. Sandoval-Restrepo, Y.F. Mosquera-Valderrama, C. Escobar-Hurtado, et R. Ramírez-Vélez. 2012. « Aerobic exercise training during pregnancy reduces depressive symptoms in nulliparous women: a randomised trial ». *J Physiother* 58 (1): 9-15.
- Robling, A.G., F.M. Hinant, D.B. Burr, et C.H. Turner. 2002. « Improved Bone Structure and Strength after Long-Term Mechanical Loading Is Greatest If Loading Is Separated into Short Bouts ». *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 17 (8): 1545-54.
- Rocha, J., J. Paxman, C. Dalton, E. Winter, et D. Broom. 2013. « Effects of an Acute Bout of Aerobic Exercise on Immediate and Subsequent Three-Day Food Intake and Energy Expenditure in Active and Inactive Men ». *Appetite* 71 (décembre): 369-78.
- Roche, N. 2007. « [Characteristics of obstructive respiratory diseases (asthma and COPD) in the elderly] ». *Revue Des Maladies Respiratoires* 24 (6): 803-5.
- Rod, N.H., J. Vahtera, H. Westerlund, M. Kivimaki, M. Zins, M. Goldberg, et T. Lange. 2011. « Sleep Disturbances and Cause-Specific Mortality: Results from the GAZEL Cohort Study ». *American Journal of Epidemiology* 173 (3): 300-309.
- Rodriguez, D., A. Brown, et P. Troped. 2005. « Portable global positioning units to complement accelerometry-based physical activity monitors ». *Med Sci Sports Exerc* 37 (11 Suppl): 572-81.
- Roemmich, J.N., J.E. Barkley, C.L. Lobarinas, J.H. Foster, T.M. White, et L.H. Epstein. 2008. « Association of liking and reinforcing value with children's physical activity ». *Physiol Behav* 93: 1011-18.
- Roger, V. L., S.J. Jacobsen, P. A. Pellikka, T. D. Miller, K. R. Bailey, and B. J. Gersh. 1998. "Prognostic value of treadmill exercise testing: a population-based study in Olmsted County, Minnesota." *Circulation* 98 (25):2836-2841.
- Rojas-Rueda, D., A. de Nazelle, M. Tainio, et M.J. Nieuwenhuijsen. 2011. « The Health Risks and Benefits of Cycling in Urban Environments Compared with Car Use: Health Impact Assessment Study ». *BMJ (Clinical Research Ed.)* 343: 4521.

- Rolland, Y., G. Abellan van Kan, et B. Vellas. 2008. « Physical Activity and Alzheimer's Disease: From Prevention to Therapeutic Perspectives ». *Journal of the American Medical Directors Association* 9 (6): 390-405.
- Romanzini, M., E.L. Petroski, et F.F. Reichert. 2012. « Accelerometers thresholds to estimate physical activity intensity in children and adolescents: a systematic review ». *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 14 (1): 101-13.
- Rome, Keith, Peter J Gow, Nicola Dalbeth, and Jonathan M Chapman. 2009. "Clinical audit of foot problems in patients with rheumatoid arthritis treated at Counties Manukau District Health Board, Auckland, New Zealand." *J Foot Ankle Res* 2 (16). doi: 10.1186/1757-1146-2-16.
- Romon, M., L. Lafay, J.L. Bresson, J.M. Oppert, J.M. Borys, A. Kettaneh, et M.A. Charles. 2004. « Relationships between physical activity and plasma leptin levels in healthy children: the Fleurbaix-Laventie Ville Santé II Study ». *Int J Obes Relat Metab Disord* 28 (10): 1227-32.
- Rønning, R., I. Rønning, T. Gerner, et L. Engebretsen. 2001. « The Efficacy of Wrist Protectors in Preventing Snowboarding Injuries ». *The American Journal of Sports Medicine* 29 (5): 581-85.
- Roos, E.M., et L. Dahlberg. 2005. « Positive Effects of Moderate Exercise on Glycosaminoglycan Content in Knee Cartilage: A Four-Month, Randomized, Controlled Trial in Patients at Risk of Osteoarthritis ». *Arthritis and Rheumatism* 52 (11): 3507-14.
- Rosenbaum, M., C. Nonas, R. Weil, M. Horlick, I. Fennoy, I. Vargas, P. Kringas, et Camino Diabetes Prevention Group. 2007. « School-Based Intervention Acutely Improves Insulin Sensitivity and Decreases Inflammatory Markers and Body Fatness in Junior High School Students ». *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 92 (2): 504-8.
- Rosenberg, D.E., F.C. Bull, A.L. Marshall, J.F. Sallis, et A.E. Bauman. 2008. « Assessment of Sedentary Behavior with the International Physical Activity Questionnaire ». *Journal of Physical Activity & Health* 5 Suppl 1: 30-44.
- Rosenberg, D.E., G.J. Norman, N. Wagner, K. Patrick, K.J. Calfas, et J.F. Sallis. 2010. « Reliability and Validity of the Sedentary Behavior Questionnaire (SBQ) for Adults ». *Journal of Physical Activity & Health* 7 (6): 697-705.
- Rosenthal, L., A. Carroll-Scott, V.A. Earnshaw, A. Santilli, et J.R. Ickovics. 2012. « The Importance of Full-Time Work for Urban Adults' Mental and Physical Health ». *Social Science & Medicine* (1982) 75 (9): 1692-96.
- Ross, R., J.A. Freeman, et I. Janssen. 2000. « Exercise alone is an effective strategy for reducing obesity and related comorbidities ». *Exerc Sport.Sci Rev.* 28 (4): 165-70.
- Ross, R., R. Hudson, P.J. Stotz, et M. Lam. 2015. « Effects of Exercise Amount and Intensity on Abdominal Obesity and Glucose Tolerance in Obese Adults: A Randomized Trial ». *Annals of Internal Medicine* 162 (5): 325-34.
- Roth, S.M., E.J. Metter, S. Ling, et L. Ferrucci. 2006. « Inflammatory Factors in Age-Related Muscle Wasting ». *Current Opinion in Rheumatology* 18 (6): 625-30.
- Roux, C., et P. Richette. 2012. « Impact of Treatments for Osteoporosis on Osteoarthritis Progression ». *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA* 23 Suppl 8 (décembre): 881-83.
- Rowlands, A.V., R.G. Eston, et D.K. Ingledew. 1999. « Relationship between activity levels, aerobic fitness, and body fat in 8-to 10-yr-old children ». *J Appl Physiol* 86: 1428-35.
- Rowlands, A.V., P.W.M. Thomas, R.G. Eston, et R. Topping. 2004. « Validation of the RT3 Triaxial accelerometer for the assessment of physical activity ». *Med Sci Sports Exerc* 36 (3): 518-24.
- Rowland, T. 1998. « The biological basis of physical activity ». *Med Sci Sport Exerc* 30 (3): 392-99.
- Rowley, N.J., E.A. Dawson, G.K. Birk, N. T. Cable, K. George, G. Whyte, D.H.J. Thijssen, et D.J. Green. 2011. « Exercise and Arterial Adaptation in Humans: Uncoupling Localized and

- Systemic Effects ». *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)* 110 (5): 1190-95.
- Rückerl, R., A. Schneider, S. Breitner, J. Cyrys, et A. Peters. 2011. « Health Effects of Particulate Air Pollution: A Review of Epidemiological Evidence ». *Inhalation Toxicology* 23 (10): 555-92.
- Ruckstuhl, H., E.D. de Bruin, E. Stussi, et B. Vanwanseele. 2008. « Post-Traumatic Glenohumeral Cartilage Lesions: A Systematic Review ». *BMC Musculoskeletal Disorders* 9: 107.
- Ruff, C.B., A. Walker, et E. Trinkaus. 1994. « Postcranial Robusticity in Homo. III: Ontogeny ». *American Journal of Physical Anthropology* 93 (1): 35-54.
- Ruiz, J.R., J. Castro-Piñero, E.G. Artero, F.B. Ortega, M. Sjöström, J. Suni, et M.J. Castillo. 2009. « Predictive Validity of Health-Related Fitness in Youth: A Systematic Review ». *British Journal of Sports Medicine* 43 (12): 909-23.
- Ruiz, J.R., F.B. Ortega, D. Martínez-Gómez, I. Labayen, L.A. Moreno, I. De Bourdeaudhuij, Y. Manios, et al. 2011. « Objectively measured physical activity and sedentary time in European adolescents: the HELENA study ». *Am J Epidemiol* 174 (2): 173-84.
- Ruiz, J.R., F.B. Ortega, J. Warnberg, et M. Sjöström. 2007. « Associations of Low-Grade Inflammation with Physical Activity, Fitness and Fatness in Prepubertal Children; the European Youth Heart Study ». *International Journal of Obesity (2005)* 31 (10): 1545-51.
- Rumbold, P.L.S., A. St Clair Gibson, S. Allsop, E. Stevenson, et C.J. Dodd-Reynolds. 2011. « Energy Intake and Appetite Following Netball Exercise over 5 Days in Trained 13-15 Year Old Girls ». *Appetite* 56 (3): 621-28.
- Rundell, K.W., et R. Caviston. 2008. « Ultrafine and Fine Particulate Matter Inhalation Decreases Exercise Performance in Healthy Subjects ». *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association* 22 (1): 2-5.
- Rush, E., T. Coppinger, V. Obolonkin, E. Hinckson, L. McGrath, S. McLennan, et D. Graham. 2011. « Use of pedometers to identify less active children and time spent in moderate to vigorous physical activity in the school setting ». *J Sci Med Sport* 15 (3): 226-30.
- Rutten, B.P.F., H. Korr, H.W.M. Steinbusch, et C. Schmitz. 2003. « The Aging Brain: Less Neurons Could Be Better ». *Mechanisms of Ageing and Development* 124 (3): 349-55.
- Ryde, G.C., N.D. Gilson, A. Suppini, et W.J. Brown. 2012. « Validation of a Novel, Objective Measure of Occupational Sitting ». *Journal of Occupational Health* 54 (5): 383-86.
- Sabia, S., A. Dugravot, M. Kivimaki, E. Brunner, M.J. Shipley, et A. Singh-Manoux. 2012. « Effect of Intensity and Type of Physical Activity on Mortality: Results from the Whitehall II Cohort Study ». *American Journal of Public Health* 102 (4): 698-704.
- Saelens, B.E., et S.L. Handy. 2008. « Built Environment Correlates of Walking: A Review ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 40 (7 Suppl): 550-66.
- Saelens, B.E., J.F. Sallis, et L.D. Frank. 2003. « Environmental Correlates of Walking and Cycling: Findings from the Transportation, Urban Design, and Planning Literatures ». *Annals of Behavioral Medicine: A Publication of the Society of Behavioral Medicine* 25 (2): 80-91.
- Safran, M.R., A.V. Seaber, et W.E. Garrett. 1989. « Warm-up and Muscular Injury Prevention. An Update ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 8 (4): 239-49.
- Sahlqvist, S., A. Goodman, R.K. Simmons, K.-T. Khaw, N. Cavill, C. Foster, R. Luben, N.J. Wareham, et D.Ogilvie. 2013. « The Association of Cycling with All-Cause, Cardiovascular and Cancer Mortality: Findings from the Population-Based EPIC-Norfolk Cohort ». *BMJ Open* 3 (11): e003797.
- Sailly, M., R. Whiteley, et A. Johnson. 2013. « Doppler Ultrasound and Tibial Tuberosity Maturation Status Predicts Pain in Adolescent Male Athletes with Osgood-Schlatter's Disease: A Case Series with Comparison Group and Clinical Interpretation ». *British Journal of Sports Medicine* 47 (2): 93-97.
- Sakai, A., T. Oshige, Y. Zenke, Y. Yamanaka, H. Nagaishi, et T. Nakamura. 2010. « Unipedal Standing Exercise and Hip Bone Mineral Density in Postmenopausal Women: A

- Randomized Controlled Trial ». *Journal of Bone and Mineral Metabolism* 28 (1): 42-48.
- Saland, J.M. 2007. « Update on the Metabolic Syndrome in Children ». *Current Opinion in Pediatrics* 19 (2): 183-91.
- Sallis, J.F., Robert B. Cervero, William Ascher, Karla A. Henderson, M. Katherine Kraft, et Jacqueline Kerr. 2006. « An Ecological Approach to Creating Active Living Communities ». *Annual Review of Public Health* 27: 297-322.
- Sallis, J.F. 1993. « Epidemiology of physical activity and fitness in children and adolescents ». *Crit Rev Food Sci Nutr* 33 (4-5): 403-8.
- Sallis, J.F., P.R. Nader, S.L. Broyles, C.C. Berry, J.P. Elder, T.L. McKenzie, et J.A. Nelson. 1993. « Correlates of physical activity at home in Mexican-American and Anglo-American preschool children ». *Health Psychol* 12: 390.
- Sallis, J.F., J.J. Prochaska, et W.C. Taylor. 2000. « A review of correlates of physical activity of children and adolescents ». *Med Sci Sports Exerc* 32: 963-75.
- Sallis, J.F., J.J. Prochaska, W.C. Taylor, J.O. Hill, et J.C. Geraci. 1999. « Correlates of physical activity in a national sample of girls and boys in grades 4 through 12 ». *Health Psychol* 18: 410-15.
- Sallis, J.F., et B.E. Saelens. 2000. « Assessment of physical activity by self-report: status, limitations, and future directions ». *Res Q Exerc Sport* 71 (2): 1-14.
- Sallis, J.F., J.M. Zakarian, M.F. Hovell, et C.R. Hofstetter. 1996. « Ethnic, socioeconomic, and sex differences in physical activity among adolescents ». *J Clin Epidemiol* 49: 125-34.
- Salmon, J., N. Owen, D. Crawford, A. Bauman, et J.F. Sallis. 2003. « Physical Activity and Sedentary Behavior: A Population-Based Study of Barriers, Enjoyment, and Preference ». *Health Psychology: Official Journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association* 22 (2): 178-88.
- Salmon, P. 2001. « Effects of Physical Exercise on Anxiety, Depression, and Sensitivity to Stress: A Unifying Theory ». *Clinical Psychology Review* 21 (1): 33-61.
- Saltychev, M., K. Laimi, T. Oksanen, J. Pentti, M. Virtanen, M. Kivimäki, et Ju.Vahtera. 2012. « Effect of a Multidisciplinary Rehabilitation Programme on Perceived Health among Employees at Increased Risk of Incapacity for Work: A Controlled Study ». *Clinical Rehabilitation* 26 (6): 513-22.
- Samitz, G., M. Egger, et M. Zwahlen. 2011. « Domains of Physical Activity and All-Cause Mortality: Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis of Cohort Studies ». *International Journal of Epidemiology* 40 (5): 1382-1400.
- Sanabria-Martínez, G., A. García-Hermoso, R. Poyatos-León, C. Álvarez-Bueno, M. Sánchez-López, et V. Martínez-Vizcaino. 2015. « Effectiveness of Physical Activity Interventions on Preventing Gestational Diabetes Mellitus and Excessive Maternal Weight Gain: A Meta-Analysis ». *BJOG: An International Journal of Obstetrics and Gynaecology* 122 (9): 1167-74.
- Sandmark, H., C. Hogstedt, et E. Vingård. 2000. « Primary Osteoarthritis of the Knee in Men and Women as a Result of Lifelong Physical Load from Work ». *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* 26 (1): 20-25.
- Sandmark, H., et E. Vingård. 1999. « Sports and Risk for Severe Osteoarthritis of the Knee ». *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 9 (5): 279-84.
- Santos, P.C., S. Abreu, C. Moreira, D. Lopes, R. Santos, O. Alves, P. Silva, N. Montenegro, et J. Mota. 2014. « Impact of compliance with different guidelines on physical activity during pregnancy and perceived barriers to leisure physical activity ». *J Sports Sci* 32 (14): 1398-408.
- Santos, R.V.T., S. Tufik, et M.T. De Mello. 2007. « Exercise, Sleep and Cytokines: Is There a Relation? » *Sleep Medicine Reviews* 11 (3): 231-39.
- Saper, C.B., T.C. Chou, et T.E. Scammell. 2001. « The Sleep Switch: Hypothalamic Control of

- Sleep and Wakefulness ». *Trends in Neurosciences* 24 (12): 726-31.
- Saper, C.B., P.M. Fuller, N.P. Pedersen, J. Lu, et T.E. Scammell. 2010. « Sleep State Switching ». *Neuron* 68 (6): 1023-42.
- Saris, W.H.M., H.J.G. Emons, D.C. Groenenboom, et K.R. Westerterp. 1990. « Discrepancy between FAO/WHO energy requirements and actual energy expenditure in 7-11 year old children ». In *Childrens and exercise*. Stuttgart: Enke.
- Sattelmair, J., J. Pertman, E.L. Ding, H.W. Kohl, W. Haskell, et I.-M. Lee. 2011. « Dose Response between Physical Activity and Risk of Coronary Heart Disease: A Meta-Analysis ». *Circulation* 124 (7): 789-95.
- Saunders, T.J. 2014. « The Health Impact of Sedentary Behaviour in Children and Youth ». *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 39 (3).
- Sauseng, W., B. Nagel, A. Gamillscheg, R. Aigner, M. Borkenstein, et H. Zotter. 2011. « Acylated Ghrelin Increases after Controlled Short-Time Exercise in School-Aged Children ». *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 21 (6): 100-105.
- Sauvet, F., C. Bourrilhon, Y. Besnard, A. Alonso, J.-M. Cottet-Emard, G. Savourey, et J.-C. Launay. 2012. « Effects of 29-H Total Sleep Deprivation on Local Cold Tolerance in Humans ». *European Journal of Applied Physiology* 112 (9): 3239-50.
- Savela, S., P. Koistinen, R.S. Tilvis, A.Y. Strandberg, K.H. Pitkälä, V.V. Salomaa, T.A. Miettinen, et T.E. Strandberg. 2010. « Leisure-Time Physical Activity, Cardiovascular Risk Factors and Mortality during a 34-Year Follow-up in Men ». *European Journal of Epidemiology* 25 (9): 619-25.
- Saver, J.L. 2006. « Time Is Brain--Quantified ». *Stroke; a Journal of Cerebral Circulation* 37 (1): 263-66.
- Sawyer, M.G., K.E. Reynolds, J.J. Couper, D.J. French, D. Kennedy, et J. Martin. 2004. « Health-related quality of life in children and adolescents with chronic illness - a two year prospective study ». *Qual Life Res* 13: 1309-19.
- SBRN. 2012. « Sedentary Behaviour Research Network. Letter to the editor: standardized use of the terms "sedentary" and "sedentary behaviours" ». *Appl Physiol Nutr Metab* 37 (3): 540-42.
- Schär, C., et G.Jendritzky. 2004. « Climate Change: Hot News from Summer 2003 ». *Nature* 432 (7017): 559-60.
- Schmid, D., et M.F. Leitzmann. 2014. « Television Viewing and Time Spent Sedentary in Relation to Cancer Risk: A Meta-Analysis ». *Journal of the National Cancer Institute* 106 (7).
- Schmid, S.M., M. Hallschmid, K. Jauch-Chara, J. Born, et B. Schultes. 2008. « A Single Night of Sleep Deprivation Increases Ghrelin Levels and Feelings of Hunger in Normal-Weight Healthy Men ». *Journal of Sleep Research* 17 (3): 331-34.
- Schmid, S.M., M. Hallschmid, et B. Schultes. 2015. « The Metabolic Burden of Sleep Loss ». *The Lancet. Diabetes & Endocrinology* 3 (1): 52-62.
- Schmidt, A., C. Maier, G. Schaller, P. Nowotny, M. Bayerle-Eder, B. Buranyi, A. Luger, et M. Wolzt. 2004. « Acute Exercise Has No Effect on Ghrelin Plasma Concentrations ». *Hormone and Metabolic Research* 36 (3): 174-77.
- Schmidt, C., P. Peigneux, et C. Cajochen. 2012. « Age-Related Changes in Sleep and Circadian Rhythms: Impact on Cognitive Performance and Underlying Neuroanatomical Networks ». *Frontiers in Neurology* 3: 118.
- Schmied, C., et M. Borjesson. 2014. « Sudden Cardiac Death in Athletes ». *Journal of Internal Medicine* 275 (2): 93-103.
- Schmitt, H., D.R. Brocai, et C. Carstens. 2001. « Long-Term Review of the Lumbar Spine in Javelin Throwers ». *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume* 83 (3): 324-27.
- Schmitz, K.H., D.R. Jacobs, C.-P. Hong, J. Steinberger, A. Moran, et A.R. Sinaiko. 2002. « Association of Physical Activity with Insulin Sensitivity in Children ». *International Journal*

- of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity* 26 (10): 1310-16.
- Schneider, P.L., S.E. Crouter, et D.R. Bassett. 2004. « Pedometer Measures of Free-Living Physical Activity: Comparison of 13 Models ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 36 (2): 331-35.
- Schneider, S., C. Weidmann, et B. Seither. 2007. « Epidemiology and Risk Factors of Sports Injuries--Multivariate Analyses Using German National Data ». *International Journal of Sports Medicine* 28 (3): 247-52.
- Schoeller, D.A., et E. van Santen. 1982. « Measurement of Energy Expenditure in Humans by Doubly Labeled Water Method ». *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology* 53 (4): 955-59.
- Schoenau, E., C.M. Neu, B. Beck, F. Manz, et F. Rauch. 2002. « Bone Mineral Content per Muscle Cross-Sectional Area as an Index of the Functional Muscle-Bone Unit ». *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 17 (6): 1095-1101.
- Schoenborn, C.A., et M. Stommel. 2011. « Adherence to the 2008 Adult Physical Activity Guidelines and Mortality Risk ». *American Journal of Preventive Medicine* 40 (5): 514-21.
- Schofield, W.N. 1985. « Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work ». *Hum Nutr Clin Nutr* 39 (Suppl 1): 5-41.
- Schubert, M.M., S. Sabapathy, M. Leveritt, et B. Desbrow. 2014. « Acute Exercise and Hormones Related to Appetite Regulation: A Meta-Analysis ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 44 (3): 387-403.
- Schuit, A.J., E.J. Feskens, L.J. Launer, et D. Kromhout. 2001. « Physical activity and cognitive decline, the role of the apolipoprotein e4 allele ». *Med Sci Sports Exerc* 33 (5): 772-77.
- Schwartz, J.R.L., et T. Roth. 2008. « Neurophysiology of Sleep and Wakefulness: Basic Science and Clinical Implications ». *Current Neuropharmacology* 6 (4): 367-78.
- Schwellnus, M.P., G. Jordaan, et T.D. Noakes. 1990. « Prevention of Common Overuse Injuries by the Use of Shock Absorbing Insoles. A Prospective Study ». *The American Journal of Sports Medicine* 18 (6): 636-41.
- Scott, R.A., M.E.S. Bailey, C.N. Moran, R.H. Wilson, N. Fuku, M. Tanaka, A. Tsiokanos, et al. 2010. « FTO Genotype and Adiposity in Children: Physical Activity Levels Influence the Effect of the Risk Genotype in Adolescent Males ». *European Journal of Human Genetics: EJHG* 18 (12): 1339-43.
- Sebokova, E., M.L. Garg, A. Wierzbicki, A.B. Thomson, et M.T. Clandinin. 1990. « Alteration of the Lipid Composition of Rat Testicular Plasma Membranes by Dietary (n-3) Fatty Acids Changes the Responsiveness of Leydig Cells and Testosterone Synthesis ». *The Journal of Nutrition* 120 (6): 610-18.
- Seegers, V., D. Petit, B. Falissard, F. Vitaro, R.E. Tremblay, J. Montplaisir, et E. Touchette. 2011. « Short Sleep Duration and Body Mass Index: A Prospective Longitudinal Study in Preadolescence ». *American Journal of Epidemiology* 173 (6): 621-29.
- Seiluri, T., J. Lahti, O. Rahkonen, E. Lahelma, et T. Lallukka. 2011. « Changes in occupational class differences in leisure-time physical activity: a follow-up study ». *The international journal of behavioral nutrition and physical activity* 8:14.
- Sekine, M., T. Yamagami, K. Handa, T. Saito, S. Nanri, K. Kawaminami, N. Tokui, K. Yoshida, et S. Kagamimori. 2002. « A Dose-Response Relationship between Short Sleeping Hours and Childhood Obesity: Results of the Toyama Birth Cohort Study ». *Child: Care, Health and Development* 28 (2): 163-70.
- Seyle, H. 1936. « A Syndrome produced by Diverse Nocuous Agents ». *Nature*, n° 138: 32.
- Seymour, B., N.D. Daw, J.P. Roiser, P. Dayan, et R. Dolan. 2012. « Serotonin Selectively Modulates Reward Value in Human Decision-Making ». *The Journal of Neuroscience: The*

- Official Journal of the Society for Neuroscience* 32 (17): 5833-42.
- Shabana, A., A. El-Menyar, et A.R. Gehani. 2013. « Sudden Cardiac Death in Athletes: Where Do We Stand ». *Critical Pathways in Cardiology* 12 (3): 161-69.
- Shaibi, G.Q., M.S. Faulkner, M.J. Weigensberg, C. Fritschi, et M.I. Goran. 2008. « Cardiorespiratory fitness and physical activity in youth with type 2 diabetes ». *Pediatr Diabetes* 9 (5): 460-63.
- Shanmugam, C., et N. Maffulli. 2008. « Sports Injuries in Children ». *British Medical Bulletin* 86: 33-57.
- Shapiro, C.M. 1981. « Sleep and the Athlete ». *British Journal of Sports Medicine* 15 (1): 51-55.
- Shapiro, C.M., R. Bortz, D. Mitchell, P. Bartel, et P. Jooste. 1981. « Slow-Wave Sleep: A Recovery Period after Exercise ». *Science (New York, N.Y.)* 214 (4526): 1253-54.
- Shapiro, C.M., R.D. Griesel, P.R. Bartel, et P.L. Jooste. 1975. « Sleep Patterns Afted Graded Exercise ». *Journal of Applied Physiology* 39 (2): 187-90.
- Shechter, A., et M.-P. St-Onge. 2014. « Delayed Sleep Timing Is Associated with Low Levels of Free-Living Physical Activity in Normal Sleeping Adults ». *Sleep Medicine* 15 (12): 1586-89.
- Shellock, F.G. 1983. "Physiological benefits of warm-up." *The Physician and Sportsmedicine* 11:134-139.
- Shepard, J.W., P.K. Schweitzer, C.A. Keller, D.S. Chun, et G.F. Dolan. 1984. « Myocardial Stress. Exercise versus Sleep in Patients with COPD ». *Chest* 86 (3): 366-74.
- Shepard, R.J., et C. Bouchard. 1994. « Population Evaluations of Health Related Fitness from Perceptions of Physical Activity and Fitness ». *Canadian Journal of Applied Physiology = Revue Canadienne De Physiologie Appliquée* 19 (2): 151-73.
- Shepard, R.J., et Y. Aoyagi. 2012. « Measurement of Human Energy Expenditure, with Particular Reference to Field Studies: An Historical Perspective ». *European Journal of Applied Physiology* 112 (8): 2785-2815.
- Sherrill, D.L., K. Kotchou, et S.F. Quan. 1998. « Association of Physical Activity and Human Sleep Disorders ». *Archives of Internal Medicine* 158 (17): 1894-98.
- Sherwood, N.E., et R.W. Jeffery. 2000. « The Behavioral Determinants of Exercise: Implications for Physical Activity Interventions ». *Annual Review of Nutrition* 20: 21-44.
- Shibasaki, H., M. Nakamura, T. Sugi, S. Nishida, T. Nagamine, et A. Ikeda. 2014. « Automatic Interpretation and Writing Report of the Adult Waking Electroencephalogram ». *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology* 125 (6): 1081-94.
- Shin, I.-S., et E.-Y. Park. 2012. « Meta-Analysis of the Effect of Exercise Programs for Individuals with Intellectual Disabilities ». *Research in Developmental Disabilities* 33 (6): 1937-47.
- Shirreffs, S.M. 2010. « Hydration: Special Issues for Playing Football in Warm and Hot Environments ». *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 20 Suppl 3 (octobre): 90-94.
- Shi, Z., A.W. Taylor, T.K. Gill, J. Tuckerman, R. Adams, et J.Martin. 2010. « Short Sleep Duration and Obesity among Australian Children ». *BMC Public Health* 10: 609.
- Short, K.R., et D. Frimberger. 2012. « A Review of the Potential for Cardiometabolic Dysfunction in Youth with Spina Bifida and the Role for Physical Activity and Structured Exercise ». *International Journal of Pediatrics* 2012: 541363.
- Siegrist, J., K. Siegrist, et I. Weber. 1986. « Sociological Concepts in the Etiology of Chronic Disease: The Case of Ischemic Heart Disease ». *Social Science & Medicine (1982)* 22 (2): 247-53.
- Silva, R.B., G.D. Eslick, et G. Duque. "Exercise for falls and fracture prevention in long term care facilities: a systematic review and meta-analysis". *J Am Med Dir Assoc.* 2013 14(9):685-9.
- Silver, A.J. 1990. « Aging and Risks for Dehydration ». *Cleveland Clinic Journal of Medicine* 57 (4):

- 341-44.
- Sim, A.Y., K.E. Wallman, T.J. Fairchild, et K.J. Guelfi. 2014. « High-Intensity Intermittent Exercise Attenuates Ad-Libitum Energy Intake ». *International Journal of Obesity (2005)* 38 (3): 417-22.
- Simeoni, M.C., P. Auquier, S. Antoniotti, C. Sapin, et J.L. San Marco. 2000. « Validation of a French Health-Related Quality of Life Instrument for Adolescents: The VSP-A ». *Quality of Life Research: An International Journal of Quality of Life Aspects of Treatment, Care and Rehabilitation* 9 (4): 393-403.
- Simon, C., A. Wagner, C. DiVita, E. Rauscher, C. Klein-Platat, D. Arveiler, B. Schweitzer, et E. Tribby. 2004. « Intervention centred on adolescents' physical activity and sedentary behaviour (ICAPS): concept and 6-month results ». *Int J Obes* 28: 96-103.
- Simonen, R.L., L. Pérusse, T. Rankinen, T. Rice, D.C. Rao, et C. Bouchard. 2002. « Familial aggregation of physical activity levels in the Québec family study ». *Med Sci Sport Exerc* 34 (7): 1137-42.
- Simons, M., M.J.M. Chinapaw, J. Brug, J. Seidell, et E. de Vet. 2015. « Associations between Active Video Gaming and Other Energy-Balance Related Behaviours in Adolescents: A 24-Hour Recall Diary Study ». *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 12: 32.
- Sinaki, M., E. Itoi, H.W. Wahner, P. Wollan, R. Gelzcer, B.P. Mullan, D.A. Collins, et S.F. Hodgson. 2002. « Stronger back muscles reduce the incidence of vertebral fractures: a prospective 10 year follow-up of postmenopausal women ». *Bone* 30 (6): 836-41.
- Sinaki, M., H.W. Wahner, K.P. Offord, et S.F. Hodgson. 1989. « Efficacy of Nonloading Exercises in Prevention of Vertebral Bone Loss in Postmenopausal Women: A Controlled Trial ». *Mayo Clinic Proceedings* 64 (7): 762-69.
- Singhal, A. 2010. « Does Weight Gain in Infancy Influence the Later Risk of Obesity? ». *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition* 51 Suppl 3 (décembre): 119-20.
- Singh, A., L. Uijtdewilligen, J.W.R. Twisk, W. van Mechelen, et M.J.M. Chinapaw. 2012. « Physical Activity and Performance at School: A Systematic Review of the Literature Including a Methodological Quality Assessment ». *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine* 166 (1): 49-55.
- Singh, K.A., et A. Losken. 2012. « Additional Benefits of Reduction Mammoplasty: A Systematic Review of the Literature ». *Plastic and Reconstructive Surgery* 129 (3): 562-70.
- Sirard, J.R., S.G. Trost, K.A. Pfeiffer, M. Dowda, et R.R. Pate. 2005. « Calibration and evaluation of an objective measure of physical activity in pre-school children ». *J Phys Act Health* 3: 345-57.
- Siscovick, D.S., N.S. Weiss, R.H. Fletcher, V.J. Schoenbach, et E.H. Wagner. 1984. « Habitual Vigorous Exercise and Primary Cardiac Arrest: Effect of Other Risk Factors on the Relationship ». *Journal of Chronic Diseases* 37 (8): 625-31.
- Sitler, M., J. Ryan, W. Hopkinson, J. Wheeler, J. Santomier, R. Kolb, et D. Polley. 1990. « The Efficacy of a Prophylactic Knee Brace to Reduce Knee Injuries in Football. A Prospective, Randomized Study at West Point ». *The American Journal of Sports Medicine* 18 (3): 310-15.
- Sjögren, K., E. Ekvall Hansson, et L. Stjernberg. 2011. « Parenthood and factors that influence outdoor recreational physical activity from a gender perspective ». *BMC public health* 11: 93
- Sjöström, M., P. Oja, M. Hagströmer, B.J. Smith, et A. Bauman. 2006. « Health-Enhancing Physical Activity across European Union Countries: The Eurobarometer Study ». *Journal of Public Health* 14 (5): 291-300.
- Skelton, D.A., C.A. Greig, J.M. Davies, et A. Young. 1994. « Strength, Power and Related Functional Ability of Healthy People Aged 65-89 Years ». *Age and Ageing* 23 (5): 371-77.

- Skevington, S.M., M. Loffy, K.A. O'Connell, et WHOQOL Group. 2004. « The World Health Organization's WHOQOL-BREF Quality of Life Assessment: Psychometric Properties and Results of the International Field Trial. A Report from the WHOQOL Group ». *Quality of Life Research: An International Journal of Quality of Life Aspects of Treatment, Care and Rehabilitation* 13 (2): 299-310.
- Slattery, M.L., et J.D. Potter. 2002. « Physical Activity and Colon Cancer: Confounding or Interaction? » *Medicine and Science in Sports and Exercise* 34 (6): 913-19.
- Sleap, M, et K Tolfrey. 2001. « Do 9-to-12-yr-old children meet existing physical activity recommendations for health ? » *Med Sci Sports Exerc* 33: 591-96.
- Slemenda, C.W., T.K. Reister, S.L. Hui, J.Z. Miller, J.C. Christian, et C.C. Johnston. 1994. « Influences on Skeletal Mineralization in Children and Adolescents: Evidence for Varying Effects of Sexual Maturation and Physical Activity ». *The Journal of Pediatrics* 125 (2): 201-7.
- Small, K., L. Mc Naughton, et M. Matthews. 2008. « A Systematic Review into the Efficacy of Static Stretching as Part of a Warm-up for the Prevention of Exercise-Related Injury ». *Research in Sports Medicine (Print)* 16 (3): 213-31.
- Smidt, G.L., S.Y. Lin, K.D. O'Dwyer, et P.R. Blanpied. 1992. « The Effect of High-Intensity Trunk Exercise on Bone Mineral Density of Postmenopausal Women ». *Spine* 17 (3): 280-85.
- Smith, W., J. Walter, et M. Bailey. 1985. « Effects of Insoles in Coast Guard Basic Training Footwear ». *Journal of the American Podiatric Medical Association* 75 (12): 644-47.
- Sobol-Goldberg, S., J. Rabinowitz, et R. Gross. 2013. « School-Based Obesity Prevention Programs: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials ». *Obesity (Silver Spring, Md.)* 21 (12): 2422-28.
- So, H.K., R.Y.T. Sung, A.M. Li, K.C. Choi, E.A.S. Nelson, J. Yin, P.C. Ng, et T.F. Fok. 2010. « Higher Exercise Frequency Associated with Lower Blood Pressure in Hong Kong Adolescents: A Population-Based Study ». *Journal of Human Hypertension* 24 (10): 646-51.
- Sohn, R.S., et L.J. Micheli. 1985. « The Effect of Running on the Pathogenesis of Osteoarthritis of the Hips and Knees ». *Clinical Orthopaedics and Related Research*, n° 198 (septembre): 106-9.
- Soligard, T., G. Myklebust, K. Steffen, I. Holme, H. Silvers, M. Bizzini, A. Junge, J. Dvorak, R. Bahr, et T. Einar Andersen. 2008. « Comprehensive Warm-up Programme to Prevent Injuries in Young Female Footballers: Cluster Randomised Controlled Trial ». *BMJ (Clinical Research Ed.)* 337: 2469.
- Souissi, N., M. Souissi, H. Souissi, K. Chamari, Z. Tabka, M. Dogui, et D. Davenne. 2008. « Effect of Time of Day and Partial Sleep Deprivation on Short-Term, High-Power Output ». *Chronobiology International* 25 (6): 1062-76.
- Spalding, K.L., E. Arner, P.O. Westermark, S. Bernard, B.A. Buchholz, O. Bergmann, L. Blomqvist, et al. 2008. « Dynamics of Fat Cell Turnover in Humans ». *Nature* 453 (7196): 783-87.
- Spanier, P.A., S.J. Marshall, et G.E. Faulkner. 2006. « Tackling the Obesity Pandemic: A Call for Sedentary Behaviour Research ». *Canadian Journal of Public Health = Revue Canadienne De Santé Publique* 97 (3): 255-57.
- Speakman, J.R. 2005. « The Role of Technology in the Past and Future Development of the Doubly Labelled Water Method ». *Isotopes in Environmental and Health Studies* 41 (4): 335-43.
- Spector, T.D., P.A. Harris, D.J. Hart, F.M. Cicuttini, D. Nandra, J. Etherington, R.L. Wolman, et D.V. Doyle. 1996. « Risk of Osteoarthritis Associated with Long-Term Weight-Bearing Sports: A Radiologic Survey of the Hips and Knees in Female Ex-Athletes and Population Controls ». *Arthritis and Rheumatism* 39 (6): 988-95.
- Speelman, A.D., B.P. van de Warrenburg, M. van Nimwegen, G.M. Petzinger, M. Munneke, et B.R. Bloem. 2011. « How Might Physical Activity Benefit Patients with Parkinson Disease? »

- Nature Reviews. Neurology* 7 (9): 528-34.
- Spiegel, K., E. Tasali, R. Leproult, et E. van Cauter. 2009. « Effects of Poor and Short Sleep on Glucose Metabolism and Obesity Risk ». *Nature Reviews. Endocrinology* 5 (5): 253-61.
- Spiegel, K., E. Tasali, P. Penev, et E. van Cauter. 2004. « Brief Communication: Sleep Curtailment in Healthy Young Men Is Associated with Decreased Leptin Levels, Elevated Ghrelin Levels, and Increased Hunger and Appetite ». *Annals of Internal Medicine* 141 (11): 846-50.
- Spiegel, K., R. Leproult, et E. van Cauter. 1999. « Impact of Sleep Debt on Metabolic and Endocrine Function ». *Lancet (London, England)* 354 (9188): 1435-39.
- Spinnewijn, W. E., F. K. Lotgering, P. C. Struijk, et H. C. Wallenburg. 1996. « Fetal heart rate and uterine contractility during maternal exercise at term ». *Am J Obstet Gynecol* 174: 43-48.
- Spittaels, H., E. van Cauwenberghe, V. Verbestel, F. De Meester, D. van Dyck, M. Verloigne, L. Haerens, B. Deforche, G. Cardon, et I. De Bourdeaudhuij. 2012. « Objectively Measured Sedentary Time and Physical Activity Time across the Lifespan: A Cross-Sectional Study in Four Age Groups ». *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 9: 149.
- Sport England. 2001. « Disability Survey 2000. Young people with disability & sport. Headline Findings. »
- Sport England. 2002. « Adults with a disability and sport. National Survey 2000-2001. Main report. »
- Srinivasan, S., T.S. Gross, et S.D. Bain. 2012. « Bone Mechanotransduction May Require Augmentation in Order to Strengthen the Senescent Skeleton ». *Ageing Research Reviews* 11 (3): 353-60.
- Stalsberg, R., et A.V. Pedersen. 2010. « Effects of Socioeconomic Status on the Physical Activity in Adolescents: A Systematic Review of the Evidence ». *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 20 (3): 368-83.
- Stamatakis, E., M. Hillsdon, G. Mishra, M. Hamer, et M. Marmot. 2009. « Television Viewing and Other Screen-Based Entertainment in Relation to Multiple Socioeconomic Status Indicators and Area Deprivation: The Scottish Health Survey 2003 ». *Journal of Epidemiology and Community Health* 63 (9): 734-40.
- Stamatakis, E., J.Y. Chau, Z. Pedisic, A. Bauman, R. Macniven, N. Coombs, et M. Hamer. 2013. « Are Sitting Occupations Associated with Increased All-Cause, Cancer, and Cardiovascular Disease Mortality Risk? A Pooled Analysis of Seven British Population Cohorts ». *PloS One* 8 (9): e73753.
- Stamatakis, E., M.Hamer, et D.A. Lawlor. 2009. « Physical Activity, Mortality, and Cardiovascular Disease: Is Domestic Physical Activity Beneficial? The Scottish Health Survey - 1995, 1998, and 2003 ». *American Journal of Epidemiology* 169 (10): 1191-1200.
- Stamatakis, E., M. Hillsdon, et P. Primatesta. 2007. « Domestic Physical Activity in Relationship to Multiple CVD Risk Factors ». *American Journal of Preventive Medicine* 32 (4): 320-27.
- Stanish, H.I., V.A. Temple, et G.C. Frey. 2006. « Health-Promoting Physical Activity of Adults with Mental Retardation ». *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews* 12 (1): 13-21.
- Stathokostas, L., O. Theou, R.M.D. Little, A.A. Vandervoort, et P. Raina. 2013. « Physical Activity-Related Injuries in Older Adults: A Scoping Review ». *Sports Medicine* 43 (10): 955-63.
- Staudenmayer, J., Weimo Z., et D.J. Catellier. 2012. « Statistical Considerations in the Analysis of Accelerometry-Based Activity Monitor Data ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 44 (1 Suppl 1): 61-67.
- Steele, R.M., S. Brage, K. Corder, N.J. Wareham, et U. Ekelund. 2008. « Physical activity, cardiorespiratory fitness, and the metabolic syndrome in youth ». *J Appl Physiol* 105 (1): 342-51.

- Steene-Johannessen, J., S.A. Anderssen, E. Kolle, et L.-B. Andersen. 2009. « Low muscle fitness is associated with metabolic risk in youth ». *Med Sci Sports Exerc* 41 (7): 1361-67.
- Stefan, N., B. Vozarova, A. Del Parigi, V. Ossowski, D.B. Thompson, R.L. Hanson, E. Ravussin, et P.A. Tataranni. 2002. « The Gln223Arg Polymorphism of the Leptin Receptor in Pima Indians: Influence on Energy Expenditure, Physical Activity and Lipid Metabolism ». *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity* 26 (12): 1629-32.
- Steffen, K., H.M. Bakka, G. Myklebust, et R. Bahr. 2008. « Performance Aspects of an Injury Prevention Program: A Ten-Week Intervention in Adolescent Female Football Players ». *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 18 (5): 596-604.
- Stensland-Bugge, E., K.H. Børnaa, et O. Joakimsen. 2001. « Age and Sex Differences in the Relationship between Inherited and Lifestyle Risk Factors and Subclinical Carotid Atherosclerosis: The Tromsø Study ». *Atherosclerosis* 154 (2): 437-48.
- Stepanski, E.J., et J.K. Wyatt. 2003. « Use of Sleep Hygiene in the Treatment of Insomnia ». *Sleep Medicine Reviews* 7 (3): 215-25.
- Sternfeld, B., et L. Goldman-Rosas. 2012. « A Systematic Approach to Selecting an Appropriate Measure of Self-Reported Physical Activity or Sedentary Behavior ». *Journal of Physical Activity & Health* 9 Suppl 1 (janvier): 19-28.
- Stigman, S., P. Rintala, K. Kukkonen-Harjula, U. Kujala, M. Rinne, et M. Fogelholm. 2009. « Eight-Year-Old Children with High Cardiorespiratory Fitness Have Lower Overall and Abdominal Fatness ». *International Journal of Pediatric Obesity: IJPO: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity* 4 (2): 98-105.
- Stokes, D.L., N.R. MacIntyre, et J.A. Nadel. 1981. « Nonlinear Increases in Diffusing Capacity during Exercise by Seated and Supine Subjects ». *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology* 51 (4): 858-63.
- Stone, M.R., A.V. Rowlands, et R.G. Eston. 2009. « Relationships between accelerometer-assessed physical activity and health in children: impact of the activity-intensity classification method ». *J Sports Sci Med* 8 (1): 136-43.
- St-Onge, M.-Pi. 2013. « The Role of Sleep Duration in the Regulation of Energy Balance: Effects on Energy Intakes and Expenditure ». *Journal of Clinical Sleep Medicine: JCSM: Official Publication of the American Academy of Sleep Medicine* 9 (1): 73-80.
- St-Onge, M.-P., A. McReynolds, Z.B. Trivedi, A.L. Roberts, M. Sy, et J.Hirsch. 2012. « Sleep Restriction Leads to Increased Activation of Brain Regions Sensitive to Food Stimuli ». *The American Journal of Clinical Nutrition* 95 (4): 818-24.
- St-Onge, M.-P., M. O'Keeffe, A.L. Roberts, A. RoyChoudhury, et B. Laferrère. 2012. « Short Sleep Duration, Glucose Dysregulation and Hormonal Regulation of Appetite in Men and Women ». *Sleep* 35 (11): 1503-10.
- Stores, G. 1992. « Sleep Studies in Children with a Mental Handicap ». *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines* 33 (8): 1303-17.
- Stránský, M., et L. Rysavá. 2009. « Nutrition as Prevention and Treatment of Osteoporosis ». *Physiological Research / Academia Scientiarum Bohemoslovaca* 58 Suppl 1: 7-11.
- Strasser, B. 2013. « Physical Activity in Obesity and Metabolic Syndrome ». *Annals of the New York Academy of Sciences* 1281 (avril): 141-59.
- Strasser, B., K. Berger, et D. Fuchs. 2015. « Effects of a Caloric Restriction Weight Loss Diet on Tryptophan Metabolism and Inflammatory Biomarkers in Overweight Adults ». *European Journal of Nutrition* 54 (1): 101-7.
- Strath, Scott J., Michael J. Greenwald, Raymond Isaacs, Teresa L. Hart, Elizabeth K. Lenz, Christopher J. Dondzila, et Ann M. Swartz. 2012. « Measured and Perceived Environmental Characteristics Are Related to Accelerometer Defined Physical Activity in Older Adults ». *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 9: 40.

- Strath, S.J., L.A. Kaminsky, B.E. Ainsworth, U. Ekelund, P.S. Freedson, R.A. Gary, C.R. Richardson, D.T. Smith, A.M. Swartz, et American Heart Association Physical Activity Committee of the Council on Lifestyle and Cardiometabolic Health and Cardiovascular, Exercise, Cardiac Rehabilitation and Prevention Committee of the Council on Clinical Cardiology, and Council. 2013. « Guide to the Assessment of Physical Activity: Clinical and Research Applications: A Scientific Statement from the American Heart Association ». *Circulation* 128 (20): 2259-79.
- Strauss, R.S., D. Rodzilsky, G. Burack, et M. Colin. 2001. « Psychosocial correlates of physical activity in healthy children ». *Arch Pediatr Adolesc Med* 155: 897-902.
- Streeter, C.C., T.H. Whitfield, L. Owen, T. Rein, S.K. Karri, A. Yakhkind, R. Perlmutter, et al. 2010. « Effects of Yoga versus Walking on Mood, Anxiety, and Brain GABA Levels: A Randomized Controlled MRS Study ». *Journal of Alternative and Complementary Medicine (New York, N.Y.)* 16 (11): 1145-52.
- Streuling, I., A. Beyerlein, E. Rosenfeld, H. Hofmann, T. Schulz, et R. von Kries. 2011. « Physical Activity and Gestational Weight Gain: A Meta-Analysis of Intervention Trials ». *BJOG: An International Journal of Obstetrics and Gynaecology* 118 (3): 278-84.
- Ströhle, A., M. Stoy, B. Graetz, M. Scheel, A. Wittmann, J. Gallinat, U.E. Lang, F. Dimeo, et R. Hellweg. 2010. « Acute Exercise Ameliorates Reduced Brain-Derived Neurotrophic Factor in Patients with Panic Disorder ». *Psychoneuroendocrinology* 35 (3): 364-68.
- Strong, W.B., R.M. Malina, C.J.R. Blimkie, S.R. Daniels, R.K. Dishman, B. Gutin, A.C. Hergenroeder, et al. 2005. « Evidence Based Physical Activity for School-Age Youth ». *The Journal of Pediatrics* 146 (6): 732-37.
- Strüder, H.K., et H. Weicker. 2001. « Physiology and Pathophysiology of the Serotonergic System and Its Implications on Mental and Physical Performance. Part I ». *International Journal of Sports Medicine* 22 (7): 467-81.
- Stubbe, J.H., D.I. Boomsma, J.M. Vink, B.K. Cornes, N.G. Martin, A. Skytthe, K.O. Kyvik, R.J. Rose, U.M. Kujala, J. Kaprio, et al. 2006. « Genetic influence on exercise participation in 37.051 twin pairs from seven countries ». *Plos One* 1 (1): e22.
- Stuckey-Ropp, R.C., et T.M. DiLorenzo. 1993. « Determinants of exercise in children ». *Prev Med* 22: 880-89.
- Stults-Kolehmainen, M.A., et R. Sinha. 2014. « The Effects of Stress on Physical Activity and Exercise ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 44 (1): 81-121.
- Sturnieks, D.L., R. St George, et S.R. Lord. 2008. « Balance Disorders in the Elderly ». *Neurophysiologie Clinique* 38 (6): 467-78.
- Sugiyama, T., G.N. Healy, D.W. Dunstan, J. Salmon, et N. Owen. 2008. « Is Television Viewing Time a Marker of a Broader Pattern of Sedentary Behavior? ». *Annals of Behavioral Medicine: A Publication of the Society of Behavioral Medicine* 35 (2): 245-50.
- Sugiyama, T., J. Salmon, D.W. Dunstan, A.E. Bauman, et N. Owen. 2007. « Neighborhood Walkability and TV Viewing Time among Australian Adults ». *American Journal of Preventive Medicine* 33 (6): 444-49.
- Sui, X., J.N. Laditka, J.W. Hardin, et S.N. Blair. 2007. « Estimated Functional Capacity Predicts Mortality in Older Adults ». *Journal of the American Geriatrics Society* 55 (12): 1940-47.
- Sundquist, K., J. Qvist, S.-E. Johansson, et J. Sundquist. 2005. « The Long-Term Effect of Physical Activity on Incidence of Coronary Heart Disease: A 12-Year Follow-up Study ». *Preventive Medicine* 41 (1): 219-25.
- Sun, J.-Y., L. Shi, X.-D. Gao, et S.-F. Xu. 2012. « Physical Activity and Risk of Lung Cancer: A Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies ». *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention: APJCP* 13 (7): 3143-47.
- Suominen, H. 1993. « Bone Mineral Density and Long Term Exercise. An Overview of Cross-Sectional Athlete Studies ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 16 (5): 316-30.

- Sutoo, D., et K. Akiyama. 2003. « Regulation of Brain Function by Exercise ». *Neurobiology of Disease* 13 (1): 1-14.
- Sutton, A.J., K.R. Muir, S. Mockett, et P. Fentem. 2001. « A Case-Control Study to Investigate the Relation between Low and Moderate Levels of Physical Activity and Osteoarthritis of the Knee Using Data Collected as Part of the Allied Dunbar National Fitness Survey ». *Annals of the Rheumatic Diseases* 60 (8): 756-64.
- Swallow, J. G., P. Koteja, P. A. Carter, et T. Garland. 1999. « Artificial Selection for Increased Wheel-Running Activity in House Mice Results in Decreased Body Mass at Maturity ». *The Journal of Experimental Biology* 202 (Pt 18): 2513-20.
- Swash, M., et K.P. Fox. 1972. « The Effect of Age on Human Skeletal Muscle. Studies of the Morphology and Innervation of Muscle Spindles ». *Journal of the Neurological Sciences* 16 (4): 417-32.
- Taaffe, D.R., L. Pruitt, G. Pyka, D. Guido, et R. Marcus. 1996. « Comparative Effects of High- and Low-Intensity Resistance Training on Thigh Muscle Strength, Fiber Area, and Tissue Composition in Elderly Women ». *Clinical Physiology (Oxford, England)* 16 (4): 381-92.
- Taaffe, D.R., T.L. Robinson, C.M. Snow, et R. Marcus. 1997. « High-Impact Exercise Promotes Bone Gain in Well-Trained Female Athletes ». *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 12 (2): 255-60.
- Taanila, H., J. Suni, H. Pihlajamäki, V.M. Mattila, O. Ohrankämnen, P. Vuorinen, et J. Parkkari. 2010. « Aetiology and Risk Factors of Musculoskeletal Disorders in Physically Active Conscripts: A Follow-up Study in the Finnish Defence Forces ». *BMC Musculoskeletal Disorders* 11: 146.
- Tagliafico, A.S., P. Ameri, J. Michaud, L.E. Derchi, M.P. Sormani, et C. Martinoli. 2009. « Wrist Injuries in Nonprofessional Tennis Players: Relationships with Different Grips ». *The American Journal of Sports Medicine* 37 (4): 760-67.
- Taheri, S., L. Lin, D. Austin, T. Young, et E. Mignot. 2004. « Short Sleep Duration Is Associated with Reduced Leptin, Elevated Ghrelin, and Increased Body Mass Index ». *PLoS Medicine* 1 (3): e62.
- Tamam, S., N. Bellissimo, B.P. Patel, S.G. Thomas, et G.H. Anderson. 2012. « Overweight and Obese Boys Reduce Food Intake in Response to a Glucose Drink but Fail to Increase Intake in Response to Exercise of Short Duration ». *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquée, Nutrition et Métabolisme* 37 (3): 520-29.
- Tammelin, T. 2005. « A review of longitudinal studies on youth predictors of adulthood physical activity ». *Int J Adolesc. Med Health* 17 (1): 3-12.
- Tanaka, C., et S. Tanaka. 2009. « Daily physical activity in Japanese preschool children evaluated by triaxial accelerometry: the relationship between period of engagement in moderate-to-vigorous physical activity and daily step counts ». *J Physiol Anthropol* 28: 283-88.
- Tanaka, H., F.A. Dinunno, K.D. Monahan, C.M. Clevenger, C.A. DeSouza, et D.R. Seals. 2000. « Aging, Habitual Exercise, and Dynamic Arterial Compliance ». *Circulation* 102 (11): 1270-75.
- Tanasescu, M., M.F. Leitzmann, E.B. Rimm, W.C. Willett, W. Stampfer, et F.B. Hu. 2002. « Exercise type and intensity in relation to coronary heart disease in men ». *JAMA* 288 (16): 1994-2000.
- Tao, F.B., M.L. Xu, S.D. Kim, Y. Sun, P.Y. Su, et K. Huang. 2007. « Physical activity might not be the protective factor for health risk behaviours and psychopathological symptoms in adolescents ». *J Paediatr Child Health* 43 (11): 762-67.
- Taveras, E.M., M.W. Gillman, M.-M. Peña, S. Redline, et S.L. Rifas-Shiman. 2014. « Chronic Sleep Curtailment and Adiposity ». *Pediatrics* 133 (6): 1013-22.
- Tavernarakis, N. 2008. « Ageing and the Regulation of Protein Synthesis: A Balancing Act? ». *Trends in Cell Biology* 18 (5): 228-35.

- Taylor, A.H., E. Klepetar, A. Keys, W. Parlin, H. Blackburn, et T. Puchner. 1962. « Death rates among physically active and sedentary employees of the railroad industry ». *Am J Public Health* 52: 1697-1707.
- Taylor, M.E., K. Delbaere, A. Stefanie Mikolaizak, S.R. Lord, et J.C.T. Close. 2013. « Gait Parameter Risk Factors for Falls under Simple and Dual Task Conditions in Cognitively Impaired Older People ». *Gait & Posture* 37 (1): 126-30.
- Taylor-Piliae, R.E., K.A. Newell, R. Cherin, M.J. Lee, A.C. King, et W.L. Haskell. 2010. « Effects of Tai Chi and Western Exercise on Physical and Cognitive Functioning in Healthy Community-Dwelling Older Adults ». *Journal of Aging and Physical Activity* 18 (3): 261-79.
- Teegarden, D., W.R. Proulx, B.R. Martin, J. Zhao, G.P. McCabe, R.M. Lyle, M. Peacock, C. Slemenda, C.C. Johnston, et C.M. Weaver. 1995. « Peak Bone Mass in Young Women ». *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 10 (5): 711-15.
- Tehard, B., C.M. Friedenreich, J.-M. Oppert, et F. Clavel-Chapelon. 2006. « Effect of Physical Activity on Women at Increased Risk of Breast Cancer: Results from the E3N Cohort Study ». *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention: A Publication of the American Association for Cancer Research, Cosponsored by the American Society of Preventive Oncology* 15 (1): 57-64.
- Telama, R., et X. Yang. 2000. « Decline of physical activity from youth to young adulthood in Finland ». *Medicine and science in sports and exercise* 32 (9): 1617-22.
- Temple, V.A., G.C. Frey, et H.I. Stanish. 2006. « Physical Activity of Adults with Mental Retardation: Review and Research Needs ». *American Journal of Health Promotion: AJHP* 21 (1): 2-12.
- Tendais, I., B. Figueiredo, J. Mota, et A. Conde. 2011. « Physical activity, health-related quality of life and depression during pregnancy ». *Cad Saude Publica* 27 (2): 219-28.
- Terán-Pérez, G., Y. Arana-Lechuga, E. Esqueda-León, R. Santana-Miranda, J.Á. Rojas-Zamorano, et J. Velázquez Moctezuma. 2012. « Steroid Hormones and Sleep Regulation ». *Mini Reviews in Medicinal Chemistry* 12 (11): 1040-48.
- Terman, L.M., et A. Hocking. 1913. « The sleep of school children: Its distribution according to age, and its relation to physical and mental efficiency ». *Journal of Educational Psychology* 4 (3): 138-47.
- Terwee, C.B., S.D.M. Bot, M.R. de Boer, D.A.W.M. van der Windt, D.L. Knol, J. Dekker, L.M. Bouter, et H.C.W. de Vet. 2007. « Quality Criteria Were Proposed for Measurement Properties of Health Status Questionnaires ». *Journal of Clinical Epidemiology* 60 (1): 34-42.
- Tessier, S., A. Vuillemin, S. Bertrais, S. Boini, E. Le Bihan, J.-M. Oppert, S. Hercberg, F. Guillemin, et S. Briançon. 2007. « Association between Leisure-Time Physical Activity and Health-Related Quality of Life Changes over Time ». *Preventive Medicine* 44 (3): 202-8.
- Tessier, S., A. Vuillemin, et S. Briançon. 2008. « Revue des questionnaires de mesure de l'activité physique validés chez les enfants et les adolescents ». *Sci Sports* 23: 118-25.
- te Velde, S.J., I. De Bourdeaudhuij, I. Thorsdottir, M. Rasmussen, M. Hagströmer, K.-I. Klepp, et J. Brug. 2007. « Patterns in Sedentary and Exercise Behaviors and Associations with Overweight in 9-14-Year-Old Boys and Girls--a Cross-Sectional Study ». *BMC Public Health* 7: 16.
- Tew, G.A., J.M. Saxton, et G.J. Hodges. 2012. « Exercise Training and the Control of Skin Blood Flow in Older Adults ». *The Journal of Nutrition, Health & Aging* 16 (3): 237-41.
- Teychenne, M., K. Ball, et J. Salmon. 2008. « Physical Activity and Likelihood of Depression in Adults: A Review ». *Preventive Medicine* 46 (5): 397-411.
- Teychenne, M., K. Ball, et J. Salmon. 2012. « Correlates of Socio-Economic Inequalities in Women's Television Viewing: A Study of Intrapersonal, Social and Environmental

- Mediators ». *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 9: 3.
- Teychenne, M., et R. York. 2013. « Physical Activity, Sedentary Behavior, and Postnatal Depressive Symptoms: A Review ». *American Journal of Preventive Medicine* 45 (2): 217-27.
- Thacker, E.L., H. Chen, A.V. Patel, M.L. McCullough, E.E. Calle, M.J. Thun, M.A. Schwarzschild, et A. Ascherio. 2008. « Recreational Physical Activity and Risk of Parkinson's Disease ». *Movement Disorders: Official Journal of the Movement Disorder Society* 23 (1): 69-74.
- Theintz, G.E., H. Howald, U. Weiss, et P.C. Sizonenko. 1993. « Evidence for a Reduction of Growth Potential in Adolescent Female Gymnasts ». *The Journal of Pediatrics* 122 (2): 306-13.
- Thelin, N., S. Holmberg, et A. Thelin. 2006. « Knee Injuries Account for the Sports-Related Increased Risk of Knee Osteoarthritis ». *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 16 (5): 329-33.
- Thélot, B. 2009. « Les accidents liés à la pratique sportive ». *adsp* 67: 24-27.
- Thibaut, H., B. Contrand, E. Saubusse, M. Baine, and S. Maurice-Tison. 2010. "Risk factors for overweight and obesity in French adolescents: Physical activity, sedentary behavior and parental characteristics." *Nutrition* 26 (2):192-200.
- Thijssen, D.H. J., N.T. Cable, et D.J. Green. 2012. « Impact of Exercise Training on Arterial Wall Thickness in Humans ». *Clinical Science (London, England: 1979)* 122 (7): 311-22.
- Thirlaway, K., et D. Benton. 1992. « Participation in Physical Activity and Cardiovascular Fitness Have Different Effects on Mental Health and Mood ». *Journal of Psychosomatic Research* 36 (7): 657-65.
- Thivel, D., J.E. Blundell, P. Duché, and B. Morio. 2012. « Acute exercise and subsequent nutritional adaptations: what about obese youths? » *Sports Med. Auckl. NZ* 42:607-613.
- Thivel, D., J.P. Chaput, K.B. Adamo, et G.S. Goldfield. 2014b. « Is energy intake altered by a 10-week aerobic exercise intervention in obese adolescents? » *Physiology & Behavior* 135:130-134.
- Thivel, D., L. Isacco, S. Rousset, Y. Boirie, B. Morio, et P. Duché. 2011b. « Intensive exercise: a remedy for childhood obesity? » *Physiol Behav* 102 (132-136).
- Thivel, D., F. Maso, S. Aouiche, B. Coignet, E. Doré, et P. Duché. 2015. « Nutritional responses to acute training sessions in young elite rugby players ». *Appetite* 84:316-321.
- Thivel, D., L. Metz, J. Aucouturier, K. Brakonieccki, P. Duche, et B. Morio. 2013. « The Effects of Imposed Sedentary Behavior and Exercise on Energy Intake in Adolescents with Obesity ». *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics: JDBP* 34 (8): 616-22.
- Thivel, D., L. Metz, A. Julien, B. Morio, et P. Duché. 2014a. « Obese but not lean adolescents spontaneously decrease energy intake after intensive exercise ». *Physiol Behav* 123:41-46.
- Thivel, D., L. Isacco, M. Taillardat, S. Rousset, Y. Boirie, B. Morio, et P. Duché. 2011a. « Gender effect on exercise-induced energy intake modification among obese adolescents ». *Appetite* 56 (3):658-661.
- Thomas, Amy S., Lori F. Greene, Jamy D. Ard, Robert A. Oster, Betty E. Darnell, et Barbara A. Gower. 2009. « Physical Activity May Facilitate Diabetes Prevention in Adolescents ». *Diabetes Care* 32 (1): 9-13.
- Thomas, N. E., et D. R. R. Williams. 2008. « Inflammatory Factors, Physical Activity, and Physical Fitness in Young People ». *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 18 (5): 543-56.
- Thompson, A.M., A.D.G. Baxter-Jones, R.L. Mirwald, et D.A. Bailey. 2003. « Comparison of physical activity in male and female children: Does maturity matter ? » *Med Sci Sport Exerc* 35 (10): 1684-90.
- Thompson Coon, J., K. Boddy, K. Stein, R. Whear, J. Barton, et M.H. Depledge. 2011. « Does

- Participating in Physical Activity in Outdoor Natural Environments Have a Greater Effect on Physical and Mental Wellbeing than Physical Activity Indoors? A Systematic Review ». *Environmental Science & Technology* 45 (5): 1761-72.
- Thompson, P.D., S.F. Crouse, B. Goodpaster, D. Kelley, N. Moyna, et L. Pescatello. 2001. « The Acute versus the Chronic Response to Exercise ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33 (6 Suppl): 438-45.
- Thompson-Torgerson, C.S., L.A. Holowatz, et W.L. Kenney. 2008. « Altered Mechanisms of Thermoregulatory Vasoconstriction in Aged Human Skin ». *Exercise and Sport Sciences Reviews* 36 (3): 122-27.
- Thorp, A.A., N. Owen, M. Neuhaus, et D.W. Dunstan. 2011. « Sedentary Behaviors and Subsequent Health Outcomes in Adults a Systematic Review of Longitudinal Studies, 1996-2011 ». *American Journal of Preventive Medicine* 41 (2): 207-15.
- Tigbe, W.W., M.E.J. Lean, et M.H. Granat. 2011. « A physically active occupation does not result in compensatory inactivity during out-of-work hours ». *Preventive medicine* 53 (1-2): 48-52.
- Timmons, B.W., A.G. Leblanc, V. Carson, S. Connor Gorber, C. Dillman, I. Janssen, M.E. Kho, J.C. Spence, J.A. Stearns, et M.S. Tremblay. 2012. « Systematic Review of Physical Activity and Health in the Early Years (aged 0-4 Years) ». *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquée, Nutrition et Métabolisme* 37 (4): 773-92.
- Tobias, D.K., C. Zhang, J.Chavarro, K. Bowers, J. Rich-Edwards, B. Rosner, D. Mozaffarian, et F.B. Hu. 2012. « Prepregnancy Adherence to Dietary Patterns and Lower Risk of Gestational Diabetes Mellitus ». *The American Journal of Clinical Nutrition* 96 (2): 289-95.
- Tobias, J.H., C.D. Steer, C. Vilarino-Güell, et M.A. Brown. 2007. « Estrogen Receptor Alpha Regulates Area-Adjusted Bone Mineral Content in Late Pubertal Girls ». *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 92 (2): 641-47.
- Tolomio, S., A. Ermolao, G. Travain, et M. Zaccaria. 2008. « Short-Term Adapted Physical Activity Program Improves Bone Quality in Osteopenic/osteoporotic Postmenopausal Women ». *Journal of Physical Activity & Health* 5 (6): 844-53.
- Tolomio, S., A. Lalli, G. Travain, et M. Zaccaria. 2009. « [Effects of a combined weight-bearing and non-weight-bearing (warm water) exercise program on bone mass and quality in postmenopausal women with low bone-mineral density] ». *La Clinica Terapeutica* 160 (2): 105-9.
- Tomkinson, G.R. 2007. « Global Changes in Anaerobic Fitness Test Performance of Children and Adolescents (1958-2003) ». *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 17 (5): 497-507.
- Tomkinson, G. 2011. « Aerobic Fitness Thresholds for Cardio Metabolic Health in Children and Adolescents ». *British Journal of Sports Medicine* 45 (9): 686-87.
- Tomkinson, G.R., L.A. Léger, T.S. Olds, et G. Cazorla. 2003. « Secular Trends in the Performance of Children and Adolescents (1980-2000): An Analysis of 55 Studies of the 20m Shuttle Run Test in 11 Countries ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 33 (4): 285-300.
- Tomkinson, G.R., et T.S. Olds. 2007. « Secular Changes in Pediatric Aerobic Fitness Test Performance: The Global Picture ». *Medicine and Sport Science* 50: 46-66.
- Tomlinson, R.J., et R.E. Glousman. 1995. « Arthroscopic Debridement of Glenoid Labral Tears in Athletes ». *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery: Official Publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association* 11 (1): 42-51.
- Tomten, S.E., J.A. Falch, K.I. Birkeland, P.Hemmersbach, et A.T. Høstmark. 1998. « Bone Mineral Density and Menstrual Irregularities. A Comparative Study on Cortical and Trabecular Bone Structures in Runners with Alleged Normal Eating Behavior ». *International Journal of Sports Medicine* 19 (2): 92-97.
- Torstveit, M.K., et J. Sundgot-Borgen. 2005. « Participation in Leanness Sports but Not Training

- Volume Is Associated with Menstrual Dysfunction: A National Survey of 1276 Elite Athletes and Controls ». *British Journal of Sports Medicine* 39 (3): 141-47.
- Torsvall, L., T. Akerstedt, et G. Lindbeck. 1984. « Effects on Sleep Stages and EEG Power Density of Different Degrees of Exercise in Fit Subjects ». *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 57 (4): 347-53.
- Tousignant, M., H. Corriveau, P.-M. Roy, J. Desrosiers, N. Dubuc, et R. Hébert. 2013. « Efficacy of Supervised Tai Chi Exercises versus Conventional Physical Therapy Exercises in Fall Prevention for Frail Older Adults: A Randomized Controlled Trial ». *Disability and Rehabilitation* 35 (17): 1429-35.
- Toussaint, J.-F. 2008. « Retrouver sa liberté de mouvement - PNAPS : plan national de prévention par l'activité physique et sportive ». Rapport public. Ministère de la Santé, de la jeunesse, des sports et de la vie associative.
- Touvier, M., S. Bertrais, H. Charreire, A.-C. Vergnaud, S. Hercberg, et J.-M. Oppert. 2010. « Changes in Leisure-Time Physical Activity and Sedentary Behaviour at Retirement: A Prospective Study in Middle-Aged French Subjects ». *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 7: 14.
- Townsend-White, C., A.N.T. Pham, et M.V. Vassos. 2012. « Review: A Systematic Review of Quality of Life Measures for People with Intellectual Disabilities and Challenging Behaviours ». *Journal of Intellectual Disability Research: JIDR* 56 (3): 270-84.
- Tracy, B.L., F.M. Ivey, D. Hurlbut, G.F. Martel, J.T. Lemmer, E.L. Siegel, E.J. Metter, J.L. Fozard, J.L. Fleg, et B.F. Hurley. 1999. « Muscle Quality. II. Effects Of Strength Training in 65- to 75-Yr-Old Men and Women ». *Journal of Applied Physiology* 86 (1): 195-201.
- Treadway, J.L., et J.C. Young. 1989. « Decreased glucose uptake in the fetus after maternal exercise ». *Med Sci Sports Exerc* 21: 140-45.
- Tregouët, B. 2010. « La mobilité des Français. Panorama issu de l'enquête nationale des transports et déplacements 2008 ». *La Revue du CGDD*, 224 p.
- Treiber, F.A, L. Musante, S. Hartdagan, H. Davis, M. Levy, et W.B. Strong. 1989. « Validation of heart rate monitor with children in laboratory and field settings ». *Med Sci Sports Exerc* 21: 338-42.
- Tremblay, M., et Réseau de Recherche sur le Comportement Sédentaire. 2012. « Utilisation standardisée des termes « sédentarité » et « comportements sédentaires » ». *Science & Motricité* 77: 73-76.
- Tremblay, M.S., A.G. Leblanc, V. Carson, L. Choquette, S. Connor Gorber, C. Dillman, M. Duggan, et al. 2012. « Canadian Physical Activity Guidelines for the Early Years (aged 0-4 Years) ». *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 37 (2): 345-69.
- Tremblay, M.S., R.C. Colley, T.J. Saunders, G. Nissa Healy, et N. Owen. 2010. « Physiological and Health Implications of a Sedentary Lifestyle ». *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquée, Nutrition et Métabolisme* 35 (6): 725-40.
- Tremblay, M.S., D.E.R. Warburton, I. Janssen, D.H. Paterson, A.E. Latimer, R.E. Rhodes, M.E. Kho, et al. 2011. « New Canadian Physical Activity Guidelines ». *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquée, Nutrition Et Métabolisme* 36 (1): 36-46; 47-58.
- Tremblay, M.S., A.G. Leblanc, M.E. Kho, T.J. Saunders, R. Larouche, R.C. Colley, G. Goldfield, et S. Connor Gorber. 2011. « Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth ». *Int J Behav Nutr Phys Act* 8 (1): 98.
- Treuth, M.S., K. Schmitz, D.J. Cattelier, R.G. McMurray, D.M. McMurray, M.J. Almeida, S. Going, J.E. Norman, et R.R. Pate. 2004. « Defining accelerometer thresholds for activity intensity in adolescent girls ». *Med Sci Sports Exerc* 36: 1259-66.
- Tricco, A.C., E. Cogo, J. Holroyd-Leduc, K.M. Sibley, F. Feldman, G. Kerr, S.R. Majumdar, S. Jaglal, et S.E. Straus. 2013. « Efficacy of Falls Prevention Interventions: Protocol for a

- Systematic Review and Network Meta-Analysis ». *Systematic Reviews* 2: 38.
- Trinder, J., I. Montgomery, et S.J. Paxton. 1988. « The Effect of Exercise on Sleep: The Negative View ». *Acta Physiologica Scandinavica. Supplementum* 574: 14-20.
- Troiano, R.P., K.K. Pettee Gabriel, G.J. Welk, N. Owen, et B. Sternfeld. 2012. « Reported Physical Activity and Sedentary Behavior: Why Do You Ask? » *Journal of Physical Activity & Health* 9 Suppl 1 (janvier): 68-75.
- Tropp, H., C. Askling, et J. Gillquist. 1985. « Prevention of Ankle Sprains ». *The American Journal of Sports Medicine* 13 (4): 259-62.
- Trost, S.G. 2005. « Discussion paper for the development of recommendations for children's and youths' participation in health promoting physical activity ». Australian Department of Health and Ageing.
- Trost, S.G. 2007. « Measurement of physical activity in children and adolescents ». *Am J Lifestyle Med* 1 (4): 299-314.
- Trost, S.G., B.S. Fees, S.J. Haar, A.D. Murray, et L.K. Crowe. 2011a. « Identification and validity of accelerometer cut-points for toddlers ». *Obesity* 20 (11): 2317-9
- Trost, S.G., P.D. Loprinzi, R. Moore, et K.A. Pfeiffer. 2011b. « Comparison of accelerometer cut points for predicting activity intensity in youth ». *Med Sci Sports Exerc* 43 (7): 1360-68.
- Trost, S.G., K.L. Mciver, et R.R. Pate. 2005. « Conducting accelerometer-based Activity assessments in field-based research ». *Med Science Sports Exerc* 37 (11 (suppl)): 531-43.
- Trost, S.G., R.R. Pate, J.F. Sallis, P.S. Freedson, W.C. Taylor, M. Dowda, et J. Sirard. 2002. « Age and gender differences in objectively measured physical activity in youth ». *Med Sci Sports Exerc* 34 (2): 350-55.
- Trost, S.G., R.R. Pate, D.S. Ward, R. Saunders, et W. Riner. 1999. « Correlates of objectively measured physical activity in preadolescent youth ». *Am J Prev Med* 17 (2): 120-26.
- Trost, S.G., J.F. Sallis, R.R. Pate, P.S. Freedson, W C Taylor, et M Dowda. 2003. « Evaluating a model of parental influence on youth physical activity ». *Am J Prev Med* 25 (4): 277-82.
- Trost, S.G., D.S. Ward, et J.R. Burke. 1998. « Validity of the Computer Science and Application (CSA) activity monitor in children ». *Med Sci Sports Exerc* 30: 629-33.
- Trost, S.G., N. Owen, A.E. Bauman, J.F. Sallis, et W. Brown. 2002. « Correlates of Adults' Participation in Physical Activity: Review and Update ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 34 (12): 1996-2001.
- Trudeau, F., et R.J. Shephard. 2008. « Physical Education, School Physical Activity, School Sports and Academic Performance ». *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 5: 10.
- Tsujinaka, T., C. Ebisui, J. Fujita, M. Kishibuchi, T. Morimoto, A. Ogawa, A. Katsume, Y. Ohsugi, E. Kominami, et M. Monden. 1995. « Muscle Undergoes Atrophy in Association with Increase of Lysosomal Cathepsin Activity in Interleukin-6 Transgenic Mouse ». *Biochemical and Biophysical Research Communications* 207 (1): 168-74.
- Tsutsumi, T., B.M. Don, L.D. Zaichkowsky, K. Takenaka, K. Oka, et T. Ohno. 1998. « Comparison of High and Moderate Intensity of Strength Training on Mood and Anxiety in Older Adults ». *Perceptual and Motor Skills* 87 (3 Pt 1): 1003-11.
- Tudor-Locke, C., D.R. Bassett, M.F. Shipe, et J.J. McClain. 2011. « Pedometer Methods for Assessing Free-Living Adults ». *Journal of Physical Activity & Health* 8 (3): 445-53.
- Tudor-Locke, C., C.L. Craig, M.W. Beets, S. Belton, G.M. Cardon, S. Duncan, Y. Hatano, et al. 2011. « How Many Steps/day Are Enough? For Children and Adolescents ». *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 8: 78.
- Tudor-Locke, C., et D.R. Bassett. 2004. « How many steps/day are enough? Preliminary pedometer indices for public health ». *Sports Med* 34: 1-8.
- Tudor-Locke, C., C.L. Craig, J.P. Thyfault, et J.C. Spence. 2013. « A step-defined sedentary

- lifestyle index: < 5000 steps/day ». *Appl Physiol Nutr Metab* 38 (2): 100-114.
- Tudor-Locke, C., Y. Hatano, R.P. Pangrazi, et M. Kang. 2008. « Revisiting “how many steps are enough?” » *Med Sci Sports Exerc* 40 (7 Suppl): 537-43.
- Tudor-Locke, C., W. D. Johnson, et P.T. Katzmarzyk. 2009. « Accelerometer-determined steps per day in US adults ». *Med Sci Sports Exerc* 41 (7): 1384-91.
- Tunstall, R.J., K.A. Mehan, G.D. Wadley, G.R. Collier, A. Bonen, M. Hargreaves, et D. Cameron-Smith. 2002. « Exercise Training Increases Lipid Metabolism Gene Expression in Human Skeletal Muscle ». *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism* 283 (1): 66-72.
- Tuomilehto, J., P. Schwarz, et J. Lindström. 2011. « Long-Term Benefits from Lifestyle Interventions for Type 2 Diabetes Prevention: Time to Expand the Efforts ». *Diabetes Care* 34 Suppl 2 (mai): 210-14.
- Turk, E.E., A. Riedel, et K. Püeschel. 2008. « Natural and Traumatic Sports-Related Fatalities: A 10-Year Retrospective Study ». *British Journal of Sports Medicine* 42 (7): 604-8.
- Turner, C.H. 2000. « Muscle-Bone Interactions, Revisited ». *Bone* 27 (3): 339-40.
- Turner, C.H., et A.G. Robling. 2005. « Exercises for Improving Bone Strength ». *British Journal of Sports Medicine* 39 (4): 188-89.
- Twisk, J.W. 2001. « Physical Activity Guidelines for Children and Adolescents: A Critical Review ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 31 (8): 617-27.
- Twisk, J.W.R., H.C.G. Kemper, et W. van Mechelen. 2002. « The Relationship between Physical Fitness and Physical Activity during Adolescence and Cardiovascular Disease Risk Factors at Adult Age. The Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study ». *International Journal of Sports Medicine* 23 Suppl 1 (mai): 8-14.
- Twoogor, S.S., Y. Yasui, M.V. Vitiello, R.S. Schwartz, C.M. Ulrich, E.J. Aiello, M.L. Irwin, D. Bowen, J.D. Potter, et A. McTiernan. 2003. « Effects of a Yearlong Moderate-Intensity Exercise and a Stretching Intervention on Sleep Quality in Postmenopausal Women ». *Sleep* 26 (7): 830-36.
- Ucok, K., A. Aycicek, M. Sezer, A. Genc, M.Akkaya, V. Caglar, F. Fidan, et M. Unlu. 2009. « Aerobic and Anaerobic Exercise Capacities in Obstructive Sleep Apnea and Associations with Subcutaneous Fat Distributions ». *Lung* 187 (1): 29-36.
- Ueda, Shin-ya, Takahiro Yoshikawa, Yoshihiro Katsura, Tatsuya Usui, Hayato Nakao, and Shigeo Fujimoto. 2009a. « Changes in gut hormone levels and negative energy balance during aerobic exercise in obese young males ». *The Journal of Endocrinology* 201 (1):151-159.
- Ueda, S., T. Yoshikawa, Y. Katsura, T. Usui, et S. Fujimoto. 2009b. « Comparable effects of moderate intensity exercise on changes in anorectic gut hormone levels and energy intake to high intensity exercise ». *The Journal of Endocrinology* 203 (3):357-364.
- Uijtdewilligen, L., J. Nauta, A.S. Singh, W. van Mechelen, J.W. Twisk, K. van der Horst, et M.J. Chinapaw. 2011. « Determinants of physical activity and sedentary behaviour in young people: a review and quality synthesis of prospective studies ». *Br J Sports Med* 45 (11): 896-905.
- UNAPEI. 2013. *Pour une santé accessible aux personnes handicapées mentales*. Paris: UNAPEI.
- USDHHS. 2008. « Physical Activity Guidelines Advisory Committee. Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report, 2008 ». Washington, DC: U.S. Department of Health and Human Services.
- Uusi-Rasi, K., P. Kannus, S. Cheng, H. Sievänen, M. Pasanen, A. Heinonen, A. Nenonen, et al. 2003. « Effect of Alendronate and Exercise on Bone and Physical Performance of Postmenopausal Women: A Randomized Controlled Trial ». *Bone* 33 (1): 132-43.
- Vaara, J., H. Kyröläinen, M. Koivu, M. Tulppo, et T.Finni. 2009. « The Effect of 60-H Sleep Deprivation on Cardiovascular Regulation and Body Temperature ». *European Journal of Applied Physiology* 105 (3): 439-44.

- Valdimarsson, O., C. Linden, O. Johnell, P. Gardsell, et M.K. Karlsson. 2006. « Daily Physical Education in the School Curriculum in Prepubertal Girls during 1 Year Is Followed by an Increase in Bone Mineral Accrual and Bone Width--Data from the Prospective Controlled Malmö Pediatric Osteoporosis Prevention Study ». *Calcified Tissue International* 78 (2): 65-71.
- Vale, S., P. Silva, R. Santos, L. Soares-Miranda, et J Mota. 2010. « Compliance with physical activity guidelines in preschool children ». *J Sport Sci* 28 (6): 603-8.
- Välimäki, M.J., M. Kärkkäinen, C. Lamberg-Allardt, K. Laitinen, E. Alhava, J. Heikkinen, O. Impivaara, P. Mäkelä, J. Palmgren, et R. Seppänen. 1994. « Exercise, Smoking, and Calcium Intake during Adolescence and Early Adulthood as Determinants of Peak Bone Mass. Cardiovascular Risk in Young Finns Study Group ». *BMJ (Clinical Research Ed.)* 309 (6949): 230-35.
- van Beijsterveldt, A.M.C., I.G.L. van de Port, M.R. Krist, S.L. Schmikli, J.H. Stubbe, J.E. Frederiks, et F.J. G. Backx. 2012. « Effectiveness of an Injury Prevention Programme for Adult Male Amateur Soccer Players: A Cluster-Randomised Controlled Trial ». *British Journal of Sports Medicine* 46 (16): 1114-18.
- van Beurden, E., L.M. Barnett, A. Zask, U.C. Dietrich, L.O. Brooks, et J. Beard. 2003. « Can we skill and activate children through primary school physical education lessons? "Move it Groove it"--a collaborative health promotion intervention ». *Prev Med* 36: 493-501.
- van Cauter, E., L. Plat, R. Leproult, et G. Copinschi. 1998. « Alterations of Circadian Rhythmicity and Sleep in Aging: Endocrine Consequences ». *Hormone Research* 49 (3-4): 147-52.
- van Cauter, E., et K.L. Knutson. 2008. « Sleep and the Epidemic of Obesity in Children and Adults ». *European Journal of Endocrinology / European Federation of Endocrine Societies* 159 Suppl 1 (décembre): 59-66.
- van Cauter, E., K. Spiegel, E. Tasali, et R. Leproult. 2008. « Metabolic Consequences of Sleep and Sleep Loss ». *Sleep Medicine* 9 Suppl 1 (septembre): 23-28.
- van Cauwenberghe, E., V. Labarque, S.G. Trost, I. de Bourdeaudhuij, et G. Cardon. 2011. « Calibration and comparison of accelerometer cut points in preschool children ». *Int J Pediatr Obes* 6 (2-2): 582-89.
- van Coevorden, A., J. Mockel, E. Laurent, M. Kerkhofs, M. L'Hermite-Balériaux, C. Decoster, P. Nève, et E. van Cauter. 1991. « Neuroendocrine Rhythms and Sleep in Aging Men ». *The American Journal of Physiology* 260 (4 Pt 1): 651-61.
- van der Berg, J.D., H. Bosma, P. Caserotti, G. Eiriksdottir, N.Y. Arnardottir, K.R. Martin, R.J. Brychta, et al. 2014. « Midlife Determinants Associated with Sedentary Behavior in Old Age ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 46 (7): 1359-65.
- van der Horst, K., M.J. Paw, J.W. Twisk, et W. van Mechelen. 2007. « A brief review on correlates of physical activity and sedentariness in youth ». *Med Sci Sports Exerc* 39 (8): 1241-50.
- van Dyck, D., G. Cardon, B. Deforche, N. Owen, K. De Cocker, K. Wijndaele, et I. De Bourdeaudhuij. 2011. « Socio-Demographic, Psychosocial and Home-Environmental Attributes Associated with Adults' Domestic Screen Time ». *BMC Public Health* 11: 668.
- van Dyck, D., E. Cerin, T.L. Conway, I. De Bourdeaudhuij, N. Owen, J. Kerr, G. Cardon, L.D. Frank, B.E. Saelens, et J.F. Sallis. 2012. « Associations between Perceived Neighborhood Environmental Attributes and Adults' Sedentary Behavior: Findings from the U.S.A., Australia and Belgium ». *Social Science & Medicine* (1982) 74 (9): 1375-84.
- van Gelder, B.M., M.A. Tjihuis, S. Kalmijn, S. Giampaoli, A. Nissinen, et D. Kromhout. 2004. « Physical activity in relation to cognitive decline in elderly men: the FINE Study ». *Neurology* 63 (12): 2316-21.
- van Gent, R.N., D. Siem, M. van Middelkoop, A G. van Os, S.M.A. Bierma-Zeinstra, et B.W. Koes. 2007. « Incidence and Determinants of Lower Extremity Running Injuries in Long Distance Runners: A Systematic Review ». *British Journal of Sports Medicine* 41 (8): 469-80; discussion 480.

- Vanhees, L., J. Lefevre, R. Philippaerts, M. Martens, W. Huygens, T. Troosters, et G. Beunen. 2005. « How to assess physical activity? How to assess physical fitness? » *Eur J Cardiovasc Prev Rehab* 12: 102-14.
- Vanhelst, J., L. Béghin, D. Turck, et F. Gottrand. 2011. « New validated thresholds for various intensities of physical activity in adolescents using the Actigraph accelerometer ». *Int J Rehabil Res* 34 (2): 175-77.
- van Holle, V., J. van Cauwenberghe, D. van Dyck, B. Deforche, N. van de Weghe, et I. De Bourdeaudhuij. 2014. « Relationship between Neighborhood Walkability and Older Adults' Physical Activity: Results from the Belgian Environmental Physical Activity Study in Seniors (BEPAS Seniors) ». *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 11: 110.
- van Poppel, M.N.M., M.J.M. Chinapaw, L.B. Mokkink, W. van Mechelen, et C.B. Terwee. 2010. « Physical Activity Questionnaires for Adults: A Systematic Review of Measurement Properties ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 40 (7): 565-600.
- van Remoortel, H., S. Giavedoni, Y. Raste, C. Burtin, Z. Louvaris, E. Gimeno-Santos, D. Langer, et al. 2012. « Validity of Activity Monitors in Health and Chronic Disease: A Systematic Review ». *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 9: 84.
- van Schroyen Lantman-de Valk, H., C. Linehan, M. Kerr, et P. Noonan-Walsh. 2007. « Developing Health Indicators for People with Intellectual Disabilities. The Method of the Pomona Project ». *Journal of Intellectual Disability Research: JIDR* 51 (Pt. 6): 427-34.
- van Sluijs, E.M., A. Page, Y. Ommundsen, et S.J. Griffin. 2010. « Behavioural and social correlates of sedentary time in young people ». *Br J Sports Med* 44 (10): 747-55.
- van Someren, E.J., C. Lijzenga, M. Mirmiran, et D.F. Swaab. 1997. « Long-Term Fitness Training Improves the Circadian Rest-Activity Rhythm in Healthy Elderly Males ». *Journal of Biological Rhythms* 12 (2): 146-56.
- van Someren, E.J.W., R.J.E.M. Raymann, E.J.A. Scherder, H.A.M. Daanen, et D.F. Swaab. 2002. « Circadian and Age-Related Modulation of Thermoreception and Temperature Regulation: Mechanisms and Functional Implications ». *Ageing Research Reviews* 1 (4): 721-78.
- van Stralen, M.M., H. De Vries, A.N. Mudde, C. Bolman, et L. Lechner. 2009. « Determinants of initiation and maintenance of physical activity among older adults: a literature review ». *Health Psychology Review* 3 (2): 147-207.
- van Uffelen, J.G.Z., J. Wong, J.Y. Chau, H.P. van der Ploeg, I. Riphagen, N.D. Gilson, N.W. Burton, et al. 2010. « Occupational Sitting and Health Risks: A Systematic Review ». *American Journal of Preventive Medicine* 39 (4): 379-88.
- Vanwanseele, B., E. Lucchinetti, et E. Stüssi. 2002. « The Effects of Immobilization on the Characteristics of Articular Cartilage: Current Concepts and Future Directions ». *Osteoarthritis and Cartilage / OARS, Osteoarthritis Research Society* 10 (5): 408-19.
- van Wijnen, J.H., A.P. Verhoeff, H.W. Jans, et M. van Bruggen. 1995. « The Exposure of Cyclists, Car Drivers and Pedestrians to Traffic-Related Air Pollutants ». *International Archives of Occupational and Environmental Health* 67 (3): 187-93.
- Varni, J.W., T.M. Burwinkle, M. Seid, et D. Skarr. 2003. « The PedsQL 4.0 as a Pediatric Population Health Measure: Feasibility, Reliability, and Validity ». *Ambulatory Pediatrics: The Official Journal of the Ambulatory Pediatric Association* 3 (6): 329-41.
- Vaynman, S., Z. Ying, et F. Gomez-Pinilla. 2004. « Hippocampal BDNF Mediates the Efficacy of Exercise on Synaptic Plasticity and Cognition ». *The European Journal of Neuroscience* 20 (10): 2580-90.
- Vaz Fragoso, C.A., M.E. Miller, R.A. Fielding, A.C. King, S.B. Kritchevsky, M.M. McDermott, V. Myers, et al. 2014. « Sleep-Wake Disturbances in Sedentary Community-Dwelling Elderly Adults with Functional Limitations ». *Journal of the American Geriatrics Society* 62 (6): 1064-72.

- Veldhuis, J.D., A. Iranmanesh, et A. Weltman. 1997. « Elements in the Pathophysiology of Diminished Growth Hormone (GH) Secretion in Aging Humans ». *Endocrine* 7 (1): 41-48.
- Vellas, B.J., S.J. Wayne, L. Romero, R.N. Baumgartner, L.Z. Rubenstein, et P.J. Garry. 1997. « One-Leg Balance Is an Important Predictor of Injurious Falls in Older Persons ». *Journal of the American Geriatrics Society* 45 (6): 735-38.
- Ventura, A.K., E. Loken, et L.L. Birch. 2006. « Risk Profiles for Metabolic Syndrome in a Nonclinical Sample of Adolescent Girls ». *Pediatrics* 118 (6): 2434-42.
- Verger, P., M.T. Lanteaume, et J. Louis-Sylvestre. 1992. « Human Intake and Choice of Foods at Intervals after Exercise ». *Appetite* 18 (2): 93-99.
- Verschueren, S.M.P., M. Roelants, C. Delecluse, S. Swinnen, D.Vanderschueren, et S. Boonen. 2004. « Effect of 6-Month Whole Body Vibration Training on Hip Density, Muscle Strength, and Postural Control in Postmenopausal Women: A Randomized Controlled Pilot Study ». *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 19 (3): 352-59.
- Verschuur, R., et H.C.G Kemper. 1985. « The pattern of daily physical activity ». *Med Sci Sport Exerc* 20: 169-86.
- Vgontzas, A.N., E. Zoumakis, E.O. Bixler, H.-M. Lin, H. Follett, A. Kales, et G.P. Chrousos. 2004. « Adverse Effects of Modest Sleep Restriction on Sleepiness, Performance, and Inflammatory Cytokines ». *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 89 (5): 2119-26.
- Vicente-Rodríguez, G., J.P. Rey-López, M.I. Mesana, E. Poortvliet, F.B. Ortega, A. Polito, E. Nagy, et al. 2012. « Reliability and Intermethod Agreement for Body Fat Assessment among Two Field and Two Laboratory Methods in Adolescents ». *Obesity (Silver Spring, Md.)* 20 (1): 221-28.
- Vilchis-Gil, J., M. Galván-Portillo, M. Klünder-Klünder, M. Cruz, et S. Flores-Huerta. 2015. « Food Habits, Physical Activities and Sedentary Lifestyles of Eutrophic and Obese School Children: A Case-Control Study ». *BMC Public Health* 15: 124.
- Villareal, D.T., C.M. Apovian, R.F. Kushner, S. Klein, American Society for Nutrition, et NAASO, The Obesity Society. 2005. « Obesity in Older Adults: Technical Review and Position Statement of the American Society for Nutrition and NAASO, The Obesity Society ». *Obesity Research* 13 (11): 1849-63.
- Villareal, D.T., M. Banks, D.R. Sinacore, C. Siener, et S. Klein. 2006. « Effect of Weight Loss and Exercise on Frailty in Obese Older Adults ». *Archives of Internal Medicine* 166 (8): 860-66.
- Vingård, E., L. Alfredsson, et H. Malchau. 1998. « Osteoarthritis of the Hip in Women and Its Relationship to Physical Load from Sports Activities ». *The American Journal of Sports Medicine* 26 (1): 78-82.
- Vinzents, P.S., P. Møller, M. Sørensen, L.E. Knudsen, O. Hertel, F. Palmgren Jensen, B. Schibye, et S. Loft. 2005. « Personal Exposure to Ultrafine Particles and Oxidative DNA Damage ». *Environmental Health Perspectives* 113 (11): 1485-90.
- Visser, M., et A. Koster. 2013. « Development of a Questionnaire to Assess Sedentary Time in Older Persons--a Comparative Study Using Accelerometry ». *BMC Geriatrics* 13: 80.
- Vissers, D., W. Hens, J. Taeymans, J.-P. Baeyens, J. Poortmans, et L. van Gaal. 2013. « The Effect of Exercise on Visceral Adipose Tissue in Overweight Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis ». *PloS One* 8 (2): e56415.
- Vitiello, M.V., B. Rybarczyk, M. Von Korff, et E.J. Stepanski. 2009. « Cognitive Behavioral Therapy for Insomnia Improves Sleep and Decreases Pain in Older Adults with Co-Morbid Insomnia and Osteoarthritis ». *Journal of Clinical Sleep Medicine: JCSM: Official Publication of the American Academy of Sleep Medicine* 5 (4): 355-62.
- Vitiello, M.V. 1997a. « Sleep, Alcohol and Alcohol Abuse ». *Addiction Biology* 2 (2): 151-58.
- Vitiello, M.V. 1997b. « Sleep Disorders and Aging: Understanding the Causes ». *The Journals of*

- Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences* 52 (4): 189-91.
- Vleck, V.E., et G. Garbutt. 1998. « Injury and Training Characteristics of Male Elite, Development Squad, and Club Triathletes ». *International Journal of Sports Medicine* 19 (1): 38-42.
- Voelcker-Rehage, C., B. Godde, et U.M. Staudinger. 2011. « Cardiovascular and Coordination Training Differentially Improve Cognitive Performance and Neural Processing in Older Adults ». *Frontiers in Human Neuroscience* 5: 26.
- Voelcker-Rehage, C., et C. Niemann. 2013. « Structural and Functional Brain Changes Related to Different Types of Physical Activity across the Life Span ». *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 37 (9 Pt B): 2268-95.
- Volek, J.S., W.J. Kraemer, J.A. Bush, T. Incledon, et M. Boetes. 1997. « Testosterone and Cortisol in Relationship to Dietary Nutrients and Resistance Exercise ». *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)* 82 (1): 49-54.
- von Stengel, S., W. Kemmler, S. Mayer, K. Engelke, A. Klarner, et W.A. Kalender. 2009. « [Effect of whole body vibration exercise on osteoporotic risk factors] ». *Deutsche Medizinische Wochenschrift (1946)* 134 (30): 1511-16.
- Voss, L.D., J. Hosking, B.S. Metcalf, A.N. Jeffery, et T.J. Wilkin. 2008. « Children from low-income families have less access to sports facilities, but are no less physically active: cross-sectional study (EarlyBird 35) ». *Child: Care, Health and Dev* 34 (4): 470-74.
- Voss, M.W., R.S. Prakash, K.I. Erickson, C. Basak, L. Chaddock, J.S. Kim, H. Alves, et al. 2010. « Plasticity of Brain Networks in a Randomized Intervention Trial of Exercise Training in Older Adults ». *Frontiers in Aging Neuroscience* 2 : 32.
- Vuillemin, A., H. Escalon, et C. Bossard. 2010. « Activité physique et sédentarité ». In *Baromètre santé nutrition 2008*, édité par H Escalon, C Bossard, et F Beck, 239-68. Paris: INPES.
- Vuillemin, A., S. Boini, S. Bertrais, S. Tessier, J.-M. Oppert, S. Hercberg, F. Guillemin, et S. Briançon. 2005. « Leisure Time Physical Activity and Health-Related Quality of Life ». *Preventive Medicine* 41 (2): 562-69.
- Vuillemin, A., E. Speyer, C. Simon, B. Ainsworth, et D. Paineau. 2012. « Revue critique des questionnaires d'activité physique administrés en population française et perspectives de développement ». *Cahiers de Nutrition et de Diététique* 47 (5): 234-41.
- Vuori, M.T., L.K. Kannas, J. Villberg, S.A.K. Ojala, J.A. Tynjälä, et R.S. Välimaa. 2012. « Is Physical Activity Associated with Low-Risk Health Behaviours among 15-Year-Old Adolescents in Finland? » *Scandinavian Journal of Public Health* 40 (1): 61-68.
- Wagner, A., C. Klein-Platat, D. Arveiler, M.C. Haan, J.L. Schlienger, et C. Simon. 2004. « Parent-child physical activity relationships in 12-year old French students do not depend on family socioeconomic status ». *Diabetes Metab* 30: 359-66.
- Waldén, M., I. Atroshi, H. Magnusson, P. Wagner, et M. Hägglund. 2012. « Prevention of Acute Knee Injuries in Adolescent Female Football Players: Cluster Randomised Controlled Trial ». *BMJ (Clinical Research Ed.)* 344: 3042.
- Walker-Bone, K., S. D'Angelo, H.E. Syddall, K.T. Palmer, C. Cooper, D. Coggon, et E.M. Dennison. 2014. « Exposure to Heavy Physical Occupational Activities during Working Life and Bone Mineral Density at the Hip at Retirement Age ». *Occupational and Environmental Medicine* 71 (5): 329-31.
- Walker, D.K., J.M. Dickinson, K.L. Timmerman, M.J. Drummond, P.T. Reidy, C.S. Fry, D.M. Gundermann, et B.B. Rasmussen. 2011. « Exercise, Amino Acids, and Aging in the Control of Human Muscle Protein Synthesis ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 43 (12): 2249-58.
- Wallis, D.J., et M.M. Hetherington. 2004. « Stress and Eating: The Effects of Ego-Threat and Cognitive Demand on Food Intake in Restrained and Emotional Eaters ». *Appetite* 43 (1): 39-46.
- Walsh, P.N. 2008. « Health Indicators and Intellectual Disability ». *Current Opinion in Psychiatry* 21

(5): 474-78.

- Wanagat, J., Z. Cao, P. Pathare, et J. M. Aiken. 2001. « Mitochondrial DNA Deletion Mutations Colocalize with Segmental Electron Transport System Abnormalities, Muscle Fiber Atrophy, Fiber Splitting, and Oxidative Damage in Sarcopenia ». *FASEB Journal: Official Publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology* 15 (2): 322-32.
- Wang, F., E.-K. Othelia Lee, T. Wu, H. Benson, G.Fricchione, W. Wang, et A. S. Yeung. 2014. « The Effects of Tai Chi on Depression, Anxiety, and Psychological Well-Being: A Systematic Review and Meta-Analysis ». *International Journal of Behavioral Medicine* 21 (4): 605-17.
- Wang, J., A. Papaioannou, P. Sarrazin, T. Jaakkola, et M. Solmon. 2006. « A brief description of physical education and school children's sport involvement in Singapore, Greece, France, Finland, and the United States ».
- Wang, L., E.B. Larson, J.D. Bowen, et G. van Belle. 2006. « Performance-Based Physical Function and Future Dementia in Older People ». *Archives of Internal Medicine* 166 (10): 1115-20.
- Wang, X., et B.J. Nicklas. 2011. « Acute Impact of Moderate-Intensity and Vigorous-Intensity Exercise Bouts on Daily Physical Activity Energy Expenditure in Postmenopausal Women ». *Journal of Obesity* 2011: 342431
- Wang, Y., Y. Wu, R.F. Wilson, S. Bleich, L.Cheskin, C. Weston, N. Showell, O. Fawole, B. Lau, et J. Segal. 2013. *Childhood Obesity Prevention Programs: Comparative Effectiveness Review and Meta-Analysis*. AHRQ Comparative Effectiveness Reviews. Rockville (MD): Agency for Healthcare Research and Quality (US).
- Wang, Y., J. Tuomilehto, P. Jousilahti, R. Antikainen, M. Mähönen, P.T. Katzmarzyk, et G. Hu. 2010. « Occupational, Commuting, and Leisure-Time Physical Activity in Relation to Heart Failure among Finnish Men and Women ». *Journal of the American College of Cardiology* 56 (14): 1140-48.
- Wannamethee, S.G., A.G. Shaper, et M. Walker. 1998. « Changes in Physical Activity, Mortality, and Incidence of Coronary Heart Disease in Older Men ». *Lancet (London, England)* 351 (9116): 1603-8.
- Wanner, M., T. Götschi, E. Martin-Diener, S. Kahlmeier, et B.W. Martin. 2012. « Active Transport, Physical Activity, and Body Weight in Adults: A Systematic Review ». *American Journal of Preventive Medicine* 42 (5): 493-502.
- Wanner, M., S. Tarnutzer, B.W. Martin, J. Braun, S. Rohrmann, M. Bopp, D. Faeh, et Swiss National Cohort (SNC). 2014. « Impact of Different Domains of Physical Activity on Cause-Specific Mortality: A Longitudinal Study ». *Preventive Medicine* 62 (mai): 89-95.
- Warburton, D.E., S. Charlesworth, A. Ivey, L. Nettlefold, et S.S. Bredin. 2010. « A Systematic Review of the Evidence for Canada's Physical Activity Guidelines for Adults ». *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 7: 39.
- Warburton, D.E.R., C.W. Nicol, et S.S.D. Bredin. 2006. « Health Benefits of Physical Activity: The Evidence ». *CMAJ: Canadian Medical Association Journal* 174 (6): 801-9.
- Ware, J.E., B. Gandek, M. Kosinski, N.K. Aaronson, G. Apolone, J. Brazier, M. Bullinger, et al. 1998. « The Equivalence of SF-36 Summary Health Scores Estimated Using Standard and Country-Specific Algorithms in 10 Countries: Results from the IQOLA Project. International Quality of Life Assessment ». *Journal of Clinical Epidemiology* 51 (11): 1167-70.
- Warren, J.M., U.Ekelund, H. Besson, A. Mezzani, N. Geladas, L. Vanhees, et Experts Panel. 2010. « Assessment of Physical Activity - a Review of Methodologies with Reference to Epidemiological Research: A Report of the Exercise Physiology Section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation ». *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation: Official Journal of the European Society of Cardiology, Working Groups on Epidemiology & Prevention and Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology* 17 (2): 127-39.

- Warren, T.Y., V. Barry, S.P. Hooker, X. Sui, T.S. Church, et S.N. Blair. 2010. « Sedentary Behaviors Increase Risk of Cardiovascular Disease Mortality in Men ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 42 (5): 879-85.
- Waterhouse, J., D. Weinert, D. Minors, S. Folkard, D. Owens, G. Atkinson, A. Nevill, et T. Reilly. 2000. « Estimates of the Daily Phase and Amplitude of the Endogenous Component of the Circadian Rhythm of Core Temperature in Sedentary Humans Living Nychthemerally ». *Biological Rhythm Research* 31 (1): 88-107.
- Waters, E., A. de Silva-Sanigorski, B.J. Hall, T. Brown, K.J. Campbell, Y. Gao, R. Armstrong, Lauren Prosser, et Carolyn D. Summerbell. 2011. « Interventions for Preventing Obesity in Children ». *The Cochrane Database of Systematic Reviews* 12: CD001871.
- Wattigney, W.A., S.R. Srinivasan, W. Chen, K.J. Greenlund, et G.S. Berenson. 1999. « Secular trend of earlier onset of menarche with increasing obesity in black and white girls: The Bogalusa heart study ». *Ethn Dis* 9: 181-89.
- WCRF, et AICR. 2011. « Colorectal Cancer 2011 Report. Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Colorectal Cancer ». WCRF & AICR.
- WCRF, et AICR. 2014. « Ovarian cancer 2014 report. Food, nutrition, physical activity and the prevention of ovarian cancer ». WCRF & AICR.
- Weaver, F.M., E.G. Collins, J. Kurichi, S. Miskevics, B. Smith, S. Rajan, et D. Gater. 2007. « Prevalence of Obesity and High Blood Pressure in Veterans with Spinal Cord Injuries and Disorders: A Retrospective Review ». *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation / Association of Academic Physiatrists* 86 (1): 22-29.
- Webborn, N., D. Cushman, C.A. Blauwet, C. Emery, W. Derman, M. Schwellnus, J. Stomphorst, P. van de Vliet, et S.E. Willick. 2015. « The Epidemiology of Injuries in Football at the London 2012 Paralympic Games ». *PM & R: The Journal of Injury, Function, and Rehabilitation* 15: 1934-1482.
- Webb, W.B., et S.S. Campbell. 1980. « Awakenings and the Return to Sleep in an Older Population ». *Sleep* 3 (1): 41-46.
- Weightman, B., D.J. Chappell, et E.A. Jenkins. 1978. « A Second Study of Tensile Fatigue Properties of Human Articular Cartilage ». *Annals of the Rheumatic Diseases* 37 (1): 58-63.
- Weiler, R., P. Feldschreiber, et E. Stamatakis. 2012. « Medicolegal Neglect? The Case for Physical Activity Promotion and Exercise Medicine ». *British Journal of Sports Medicine* 46 (4): 228-32.
- Weil, E., M. Wachterman, E.P. McCarthy, R.B. Davis, B. O'Day, L.I. Iezzoni, et C.C. Wee. 2002. « Obesity among Adults with Disabling Conditions ». *JAMA* 288 (10): 1265-68.
- Weimann, E., C. Witzel, S. Schwidergall, et H.J. Böhles. 2000. « Peripubertal Perturbations in Elite Gymnasts Caused by Sport Specific Training Regimes and Inadequate Nutritional Intake ». *International Journal of Sports Medicine* 21 (3): 210-15.
- Weir, L., D. Etelson, et D.A. Brand. 2006. « Parents' perceptions of neighborhood safety and children's physical activity ». *Prev Med* 43: 212-17.
- Weitzman, E.D., M.L. Moline, C.A. Czeisler, et J.C. Zimmerman. 1982. « Chronobiology of Aging: Temperature, Sleep-Wake Rhythms and Entrainment ». *Neurobiology of Aging* 3 (4): 299-309.
- Welk, G.J. 1999. « The Youth Physical Activity Promotion Model: a conceptual bridge between theory and practice ». *Quest* 51: 5-23.
- Welk, G.J. 2005. « Principles of design and analyses for the calibration of accelerometry-based activity monitors ». *Med Sci Sports Exerc* 37 (11 Suppl): 501-11.
- Welk, G.J., et C.B. Corbin. 1995. « The validity of the Tritrac-R3D activity monitor for the assessment of physical activity in children ». *Res Q Exerc Sport* 66: 202-9.
- Welk, G.J., C.B. Corbin, et C.B. Kampert. 1998. « The validity of the Tritrac-R3D activity monitor for the assessment of physical activity: II. Temporal relationships among objective

- assessments ». *Res Q Exerc Sport* 69: 395-99.
- Welk, G.J., J.C. Eisenmann, J Schaben, S G Trost, et D Dale. 2007. « Calibration of the Biotrainer Pro Activity monitor in children ». *Pediatr Exerc Sci*; 19 (2): 145-58.
- Wellen, K.E., et G.S. Hotamisligil. 2005. « Inflammation, Stress, and Diabetes ». *The Journal of Clinical Investigation* 115 (5): 1111-19.
- Welle, S., C. Thornton, R. Jozefowicz, et M. Statt. 1993. « Myofibrillar Protein Synthesis in Young and Old Men ». *The American Journal of Physiology* 264 (5 Pt 1): 693-98.
- Welt, C.K., J.L. Chan, J. Bullen, R. Murphy, P. Smith, A.M. DePaoli, A. Karalis, et C.S. Mantzoros. 2004. « Recombinant Human Leptin in Women with Hypothalamic Amenorrhea ». *The New England Journal of Medicine* 351 (10): 987-97.
- Wen, C.P., J.P.M. Wai, M.K. Tsai, Y.C. Yang, T.Y.D. Cheng, M.-C. Lee, H.T. Chan, C.K. Tsao, S.P. Tsai, et X. Wu. 2011. « Minimum Amount of Physical Activity for Reduced Mortality and Extended Life Expectancy: A Prospective Cohort Study ». *The Lancet* 378 (9798): 1244-53.
- Wen, C.P., et X. Wu. 2012. « Stressing Harms of Physical Inactivity to Promote Exercise ». *Lancet (London, England)* 380 (9838): 192-93.
- Wendel-Vos, W., M. Droomers, S. Kremers, J. Brug, et F. van Lenthe. 2007. « Potential Environmental Determinants of Physical Activity in Adults: A Systematic Review ». *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity* 8 (5): 425-40.
- Wenk, G.L. 2003. « Neuropathologic Changes in Alzheimer's Disease ». *The Journal of Clinical Psychiatry* 64 Suppl 9: 7-10.
- Wennberg, P., P.E. Gustafsson, D.W. Dunstan, M. Wennberg, et A. Hammarström. 2013. « Television Viewing and Low Leisure-Time Physical Activity in Adolescence Independently Predict the Metabolic Syndrome in Mid-Adulthood ». *Diabetes Care* 36 (7): 2090-97.
- West, D.W.D., G.W. Kujbida, D.R. Moore, P. Atherton, N.A. Burd, J.P. Padzik, M. De Lisio, et al. 2009. « Resistance Exercise-Induced Increases in Putative Anabolic Hormones Do Not Enhance Muscle Protein Synthesis or Intracellular Signalling in Young Men ». *The Journal of Physiology* 587 (Pt 21): 5239-47.
- Weston, A.T., R. Petosa, et R.R. Pate. 1997. « Validation of an instrument for measurement of physical activity in youth ». *Med Sci Sports Exerc* 29 (1): 138-43.
- Weuve, J., J.H. Kang, J.E. Manson, M.M. Breteler, J.H. Ware, et F. Grodstein. 2004. « Physical activity, including walking, and cognitive function in older women ». *JAMA* 292 (12): 1454-61.
- Whelton, P.K., J. He, L.J. Appel, J.A. Cutler, S. Havas, T.A. Kotchen, E.J. Roccella, et al. 2002. « Primary prevention of hypertension: clinical and public health advisory from The National High Blood Pressure Education Program ». *JAMA* 288 (15): 1882-88.
- White, G.W., C. Gonda, J.J. Peterson, C.E. Drum, et RRTC Expert Panel on Health Promotion Interventions. 2011. « Secondary Analysis of a Scoping Review of Health Promotion Interventions for Persons with Disabilities: Do Health Promotion Interventions for People with Mobility Impairments Address Secondary Condition Reduction and Increased Community Participation? » *Disability and Health Journal* 4 (2): 129-39.
- White, J.A., V. Wright, et A.M. Hudson. 1993. « Relationships between Habitual Physical Activity and Osteoarthritis in Ageing Women ». *Public Health* 107 (6): 459-70.
- WHO. 2001. « International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) ».
- WHO. 2010. « Global recommendations on physical activity for health ». WHO.
- WHO. 2013. « Review of evidence on health aspects air pollution - REVIHAAP Project. Technical report. » WHO.
- WHOQOL. 1995. « The World Health Organization Quality of Life Assessment (WHOQOL):

- Position Paper from the World Health Organization ». *Social Science & Medicine* (1982) 41 (10): 1403-9.
- WHOQOL. 1998. « The World Health Organization Quality of Life Assessment (WHOQOL): development and general psychometric properties ». *Soc Sci Med* 46 (12): 1569-85.
- Whybrow, S., D.A. Hughes, P. Ritz, A.M. Johnstone, G.W. Horgan, N. King, J.E. Blundell, et R. J. Stubbs. 2008. « The Effect of an Incremental Increase in Exercise on Appetite, Eating Behaviour and Energy Balance in Lean Men and Women Feeding Ad Libitum ». *The British Journal of Nutrition* 100 (5): 1109-15.
- Wilber, R.L., P.L. Holm, D.M. Morris, G.M. Dallam, A.W. Subudhi, D.M. Murray, et S.D. Callan. 2004. « Effect of FIO₂ on Oxidative Stress during Interval Training at Moderate Altitude ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 36 (11): 1888-94.
- Wilkin, T.J., K.M. Mallam, B.S. Metcalf, A.N. Jeffery, et L.D. Voss. 2006. « Variation in Physical Activity Lies with the Child, Not His Environment: Evidence for an "Activitystat" in Young Children (EarlyBird 16) ». *International Journal of Obesity* (2005) 30 (7): 1050-55.
- Wille, N., M. Bullinger, R. Holl, U. Hoffmeister, R. Mann, C. Goldapp, T. Reinehr, J. Westenhöfer, A. Egmond-Froehlich, et U. Ravens-Sieberer. 2010. « Health-related quality of life in overweight and obese youths: results of a multicenter study ». *Health Qual Life Outcomes* 7 (8): 36.
- Willey, J.Z., Y.P. Moon, M.C. Paik, B. Boden-Albala, R.L. Sacco, et M.S.V. Elkind. 2009. « Physical Activity and Risk of Ischemic Stroke in the Northern Manhattan Study ». *Neurology* 73 (21): 1774-79.
- Williams, J., M. Wake, K. Hesketh, E. Maher, et E. Waters. 2005. « Health-Related Quality of Life of Overweight and Obese Children ». *JAMA* 293 (1): 70-76.
- Williams, P.T. 2009. « Prospective Study of Incident Age-Related Macular Degeneration in Relation to Vigorous Physical Activity during a 7-Year Follow-Up ». *Investigative Ophthalmology & Visual Science* 50 (1): 101-6.
- Williams, P.T. 2013. « Dose-Response Relationship of Physical Activity to Premature and Total All-Cause and Cardiovascular Disease Mortality in Walkers ». *PloS One* 8 (11): e78777.
- Williams, P.T., et P.D. Thompson. 2013. « The Relationship of Walking Intensity to Total and Cause-Specific Mortality. Results from the National Walkers' Health Study ». *PloS One* 8 (11): e81098.
- Willick, S.E., N. Webborn, C. Emery, C.A. Blauwet, Pia Pit-Grosheide, Jaap Stomphorst, Peter van de Vliet, et al. 2013. « The Epidemiology of Injuries at the London 2012 Paralympic Games ». *British Journal of Sports Medicine* 47 (7): 426-32.
- Willis, E.A., S.D. Herrmann, J.J. Honas, J. Lee, J.E. Donnelly, et R.A. Washburn. 2014. « Nonexercise Energy Expenditure and Physical Activity in the Midwest Exercise Trial 2 ». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 46 (12): 2286-94.
- Wilmot, E.G., C.L. Edwardson, F.A. Achana, M.J. Davies, T. Gorely, L.J. Gray, K. Khunti, T. Yates, et S.J.H. Biddle. 2012. « Sedentary Time in Adults and the Association with Diabetes, Cardiovascular Disease and Death: Systematic Review and Meta-Analysis ». *Diabetologia* 55 (11): 2895-2905.
- Wingert, J.R., C. Welder, et P. Foo. 2014. « Age-Related Hip Proprioception Declines: Effects on Postural Sway and Dynamic Balance ». *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 95 (2): 253-61.
- Wing, R.R., et S. Phelan. 2005. « Long-Term Weight Loss Maintenance ». *The American Journal of Clinical Nutrition* 82 (1 Suppl): 222-225.
- Winzer, B.M., D.C. Whiteman, M.M. Reeves, et J.D. Paratz. 2011. « Physical Activity and Cancer Prevention: A Systematic Review of Clinical Trials ». *Cancer Causes & Control: CCC* 22 (6): 811-26.
- Wipfli, B.M., C.D. Rethorst, et D.M. Landers. 2008. « The Anxiolytic Effects of Exercise: A Meta-

- Analysis of Randomized Trials and Dose-Response Analysis ». *Journal of Sport & Exercise Psychology* 30 (4): 392-410.
- Wisdom, J.P., M.G. McGee, W. Horner-Johnson, Y.L. Michael, E. Adams, et M. Berlin. 2010. « Health Disparities between Women with and without Disabilities: A Review of the Research ». *Social Work in Public Health* 25 (3): 368-86.
- Wise, L.A., L.L. Adams-Campbell, J.R. Palmer, et L. Rosenberg. 2006. « Leisure Time Physical Activity in Relation to Depressive Symptoms in the Black Women's Health Study ». *Annals of Behavioral Medicine: A Publication of the Society of Behavioral Medicine* 32 (1): 68-76.
- Withnall, R., J. Eastaugh, et N. Freemantle. 2006. « Do Shock Absorbing Insoles in Recruits Undertaking High Levels of Physical Activity Reduce Lower Limb Injury ? A Randomized Controlled Trial ». *Journal of the Royal Society of Medicine* 99 (1): 32-37.
- Wolff, I., J.J. van Croonenborg, H.C. Kemper, P.J. Kostense, et J.W. Twisk. 1999. « The Effect of Exercise Training Programs on Bone Mass: A Meta-Analysis of Published Controlled Trials in Pre- and Postmenopausal Women ». *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA* 9 (1): 1-12.
- Wolf, S.L., H.X. Barnhart, G.L. Ellison, et C.E. Coogler. 1997. « The Effect of Tai Chi Quan and Computerized Balance Training on Postural Stability in Older Subjects. Atlanta FICSIT Group. Frailty and Injuries: Cooperative Studies on Intervention Techniques ». *Physical Therapy* 77 (4): 371-81.
- Wolfson, L., R. Whipple, C.A. Derby, P. Amerman, T. Murphy, J.N. Tobin, et L. Nashner. 1992. « A Dynamic Posturography Study of Balance in Healthy Elderly ». *Neurology* 42 (11): 2069-75.
- Wolin, K.Y., Y. Yan, G.A. Colditz, et I.-M. Lee. 2009. « Physical Activity and Colon Cancer Prevention: A Meta-Analysis ». *British Journal of Cancer* 100 (4): 611-16.
- Wong, A.M.K., et C. Lan. 2008. « Tai Chi and Balance Control ». *Medicine and Sport Science* 52: 115-23.
- Wong, S.N., M. Halaki, et C.-M. Chow. 2013. « The Effects of Moderate to Vigorous Aerobic Exercise on the Sleep Need of Sedentary Young Adults ». *Journal of Sports Sciences* 31 (4): 381-86.
- Woodcock, J., O.H. Franco, N. Orsini, et I. Roberts. 2011. « Non-Vigorous Physical Activity and All-Cause Mortality: Systematic Review and Meta-Analysis of Cohort Studies ». *International Journal of Epidemiology* 40 (1): 121-38.
- Woodcock, J., M. Tainio, J. Cheshire, O. O'Brien, et A. Goodman. 2014. « Health Effects of the London Bicycle Sharing System: Health Impact Modelling Study ». *BMJ (Clinical Research Ed.)* 348: g425.
- Woollacott, M.H., A. Shumway-Cook, et L.M. Nashner. 1986. « Aging and Posture Control: Changes in Sensory Organization and Muscular Coordination ». *International Journal of Aging & Human Development* 23 (2): 97-114.
- Wrotniak, B.H., L.H. Epstein, J.M. Dorn, K.E. Jones, et V.A. Kondilis. 2006. « The relationship between motor proficiency and physical activity in children ». *Pediatrics* 118 (6): 1758-65.
- Wu, M.-C., Y.-C. Yang, J.-S. Wu, R.-H. Wang, F.-H. Lu, et C.-J. Chang. 2012. « Short Sleep Duration Associated with a Higher Prevalence of Metabolic Syndrome in an Apparently Healthy Population ». *Preventive Medicine* 55 (4): 305-9.
- Wu, T., X. Long, L. Wang, M. Hallett, Y. Zang, K. Li, et P. Chan. 2011. « Functional Connectivity of Cortical Motor Areas in the Resting State in Parkinson's Disease ». *Human Brain Mapping* 32 (9): 1443-57.
- Wu, T., X. Gao, M. Chen, et R.M. van Dam. 2009. « Long-Term Effectiveness of Diet-plus-Exercise Interventions vs. Diet-Only Interventions for Weight Loss: A Meta-Analysis ». *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity* 10 (3): 313-23.

- Wu, Y., D. Zhang, et S. Kang. 2013. « Physical activity and risk of breast cancer: a meta-analysis of prospective studies ». *Breast Cancer Res Treat* 137 (3): 869-82.
- Yaffe, K., A. Weston, N.R. Graff-Radford, S. Satterfield, E.M. Simonsick, S.G. Younkin, L.H. Younkin, et al. 2011. « Association of Plasma Beta-Amyloid Level and Cognitive Reserve with Subsequent Cognitive Decline ». *JAMA* 305 (3): 261-66.
- Yamanaka, Y., S. Hashimoto, S. Masubuchi, A. Natsubori, S.-Y. Nishide, S. Honma, et K.-I. Honma. 2014. « Differential Regulation of Circadian Melatonin Rhythm and Sleep-Wake Cycle by Bright Lights and Nonphotic Time Cues in Humans ». *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 307 (5): 546-57.
- Yamanaka, Y., S. Hashimoto, Y. Tanahashi, S.-Y. Nishide, S. Honma, et K.-I. Honma. 2010. « Physical Exercise Accelerates Reentrainment of Human Sleep-Wake Cycle but Not of Plasma Melatonin Rhythm to 8-H Phase-Advanced Sleep Schedule ». *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 298 (3): 681-91.
- Yamashita, N., S. Hoshida, K. Otsu, N. Taniguchi, T. Kuzuya, et M. Hori. 1999. « Monophosphoryl Lipid A Provides Biphasic Cardioprotection against Ischaemia-Reperfusion Injury in Rat Hearts ». *British Journal of Pharmacology* 128 (2): 412-18.
- Yarasheski, K.E., J.J. Zachwieja, et D.M. Bier. 1993. « Acute Effects of Resistance Exercise on Muscle Protein Synthesis Rate in Young and Elderly Men and Women ». *The American Journal of Physiology* 265 (2 Pt 1): 210-14.
- Yates, T., S.M. Haffner, P.J. Schulte, L. Thomas, K.M. Huffman, C.W. Bales, R.M. Califf, et al. 2014. « Association between Change in Daily Ambulatory Activity and Cardiovascular Events in People with Impaired Glucose Tolerance (NAVIGATOR Trial): A Cohort Analysis ». *Lancet (London, England)* 383 (9922): 1059-66.
- Yeh, S.-C.J., et M.-Y. Chang. 2012. « The Effect of Qigong on Menopausal Symptoms and Quality of Sleep for Perimenopausal Women: A Preliminary Observational Study ». *Journal of Alternative and Complementary Medicine (New York, N.Y.)* 18 (6): 567-75.
- Yende, S., G.W. Waterer, E.A. Tolley, A.B. Newman, et al. 2006. « Inflammatory Markers Are Associated with Ventilatory Limitation and Muscle Dysfunction in Obstructive Lung Disease in Well Functioning Elderly Subjects ». *Thorax* 61 (1): 10-16.
- Yeung, S.S., E.W. Yeung, et L.D. Gillespie. 2011. « Interventions for Preventing Lower Limb Soft-Tissue Running Injuries ». *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, n° 7: CD001256.
- Yin, Z., J.B. Moore, M.H. Johnson, M.M. Vernon, et B.Gutin. 2012. « The Impact of a 3-Year after-School Obesity Prevention Program in Elementary School Children ». *Childhood Obesity (Print)* 8 (1): 60-70.
- Youngstedt, S.D., P.J. O'Connor, J.B. Crabbe, et R.K. Dishman. 2000. « The Influence of Acute Exercise on Sleep Following High Caffeine Intake ». *Physiology & Behavior* 68 (4): 563-70.
- Youngstedt, S.D., P.J. O'Connor, et R.K. Dishman. 1997. « The Effects of Acute Exercise on Sleep: A Quantitative Synthesis ». *Sleep* 20 (3): 203-14.
- Youngstedt, S.D. 2005. « Effects of Exercise on Sleep ». *Clinics in sports medicine* 24 (2): 355-65.
- Youngstedt, S.D., D.F. Kripke, et J.A. Elliott. 2002. « Circadian Phase-Delaying Effects of Bright Light Alone and Combined with Exercise in Humans ». *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 282 (1): 259-66.
- Youngstedt, S.D., M.L. Perlis, P.M. O'Brien, Christopher R. Palmer, Michael T. Smith, Henry J. Orff, et Daniel F. Kripke. 2003. « No Association of Sleep with Total Daily Physical Activity in Normal Sleepers ». *Physiology & Behavior* 78 (3): 395-401.
- You, T., et B.J. Nicklas. 2008. « Effects of exercise on adipokines and metabolic syndrome ». *Curr Diabetes Rep* 8: 7-11.
- Yu, F., A.M. Kolanowski, N.E. Strumpf, et P.J. Eslinger. 2006. « Improving Cognition and Function through Exercise Intervention in Alzheimer's Disease ». *Journal of Nursing Scholarship: An*

Official Publication of Sigma Theta Tau International Honor Society of Nursing / Sigma Theta Tau 38 (4): 358-65.

- Zanker, C.L., L. Gannon, C.B. Cooke, K.L. Gee, B. Oldroyd, et J.G. Truscott. 2003. « Differences in Bone Density, Body Composition, Physical Activity, and Diet between Child Gymnasts and Untrained Children 7-8 Years of Age ». *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 18 (6): 1043-50.
- Zanobetti, A., et J. Schwartz. 2009. « The Effect of Fine and Coarse Particulate Air Pollution on Mortality: A National Analysis ». *Environmental Health Perspectives* 117 (6): 898-903.
- Zavorsky, G.S., et L.D. Longo. 2011. « Exercise Guidelines in Pregnancy: New Perspectives ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 41 (5): 345-60.
- Zawia, N.H., et M. Riyaz Basha. 2005. « Environmental Risk Factors and the Developmental Basis for Alzheimer's Disease ». *Reviews in the Neurosciences* 16 (4): 325-37.
- Zebaze, R.M.D., A.Ghasem-Zadeh, A. Bohte, S.Iuliano-Burns, M. Mirams, R.I. Price, E.J. Mackie, et E. Seeman. 2010. « Intracortical Remodelling and Porosity in the Distal Radius and Post-Mortem Femurs of Women: A Cross-Sectional Study ». *Lancet (London, England)* 375 (9727): 1729-36.
- Zerwekh, J.E., L.A. Ruml, F. Gottschalk, et C.Y. Pak. 1998. « The Effects of Twelve Weeks of Bed Rest on Bone Histology, Biochemical Markers of Bone Turnover, and Calcium Homeostasis in Eleven Normal Subjects ». *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 13 (10): 1594-1601.
- Zha, D.-S., Q.-. Zhu, W.-W. Pei, J.-C. Zheng, S.-H. Wu, Z.-X. Xu, T. Li, et J.-T. Chen. 2012. « Does Whole-Body Vibration with Alternative Tilting Increase Bone Mineral Density and Change Bone Metabolism in Senior People? ». *Aging Clinical and Experimental Research* 24 (1): 28-36.
- Zick, C.D., K.R. Smith, B.B. Brown, J.X. Fan, et L. Kowaleski-Jones. 2007. « Physical activity during the transition from adolescence to adulthood ». *Journal of physical activity & health* 4 (2): 125-37.
- Ziegler, D., C.P. Zentai, S. Perz, W. Rathmann, B. Haastert, A. Döring, C. Meisinger, et KORA Study Group. 2008. « Prediction of Mortality Using Measures of Cardiac Autonomic Dysfunction in the Diabetic and Nondiabetic Population: The MONICA/KORA Augsburg Cohort Study ». *Diabetes Care* 31 (3): 556-61.
- Zielinski, H., I.S. Mudway, K.A. Bérubé, S. Murphy, R. Richards, et F.J. Kelly. 1999. « Modeling the Interactions of Particulates with Epithelial Lining Fluid Antioxidants ». *The American Journal of Physiology* 277 (4 Pt 1): 719-26.
- Zigmond, M.J., J.L. Cameron, B.J. Hoffer, et R.J. Smeyne. 2012. « Neurorestoration by Physical Exercise: Moving Forward ». *Parkinsonism & Related Disorders* 18 Suppl 1 (janvier): 147-50.
- Zimmerman, N.B., D.G. Smith, L.A. Pottenger, et D.R. Cooperman. 1988. « Mechanical Disruption of Human Patellar Cartilage by Repetitive Loading in Vitro ». *Clinical Orthopaedics and Related Research*, n° 229 (avril): 302-7.
- Zimmermann-Sloutskis, D., M. Wanner, E. Zimmermann, et B.W. Martin. 2010. « Physical Activity Levels and Determinants of Change in Young Adults: A Longitudinal Panel Study ». *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 7: 2.
- Zinnecker, J. 1995. « The cultural modernisation of childhood ». In *Growing up in Europe. Contemporary Horizons in childhood and youth studies*, édité par L. Chisholm, P. Buchner, H. Kruger, et M. du Bois-reymond, 85-94. Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- Zitouni, D., et B.C. Guinhouya. 2015. « Fuzzy Logic for Characterizing the Moderate Intensity of Physical Activity in Children ». *Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia* 19(2):142-8.
- Zoll, J., N. Koulmann, L. Bahi, R. Ventura-Clapier, et A.-X. Bigard. 2003. « Quantitative and

Qualitative Adaptation of Skeletal Muscle Mitochondria to Increased Physical Activity ». *Journal of Cellular Physiology* 194 (2): 186-93.

Zuurbier, M., G. Hoek, P. van den Hazel, et B. Brunekreef. 2009. « Minute Ventilation of Cyclists, Car and Bus Passengers: An Experimental Study ». *Environmental Health: A Global Access Science Source* 8: 48.

ANNEXES

Annexe 1 : Lettre de saisine

1. 4 Clome 6 NOT JP

2012-SA-0103

COURRIER ARRIVE

- 5 AVR. 2012

DIRECTION GENERALE



Paris, le 03 AVR. 2012

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA SANTÉ
 Sous-direction Prévention des risques liés à
 l'environnement et à l'alimentation
 Bureau de l'alimentation et de la nutrition
 DGS/EA3 - N° 123

Mission PNNS PO – Secrétariat général

Personne chargée du dossier :
 Michel Chauillac / Landy Razanamahafa
 Tel : 01 40 56 41 24 / 89 43
michel.chauillac@sante.gouv.fr
landy.razanamahafa@sante.gouv.fr

Le directeur général de la santé

A

Monsieur le Directeur général de l'Anses
 27-31 avenue du Général Leclerc
 94701 Maisons-Alfort

Objet : *Actualisation des repères du PNNS***Eléments de contexte**

Dans le cadre du Programme national nutrition santé 2001 – 2005 (PNNS), suite à trois saisines, l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA) a élaboré les bases scientifiques pour la formulation des repères nutritionnels du PNNS pour la population générale ainsi que pour les enfants et adolescents, pour les personnes de plus de 55 ans, pour les personnes âgées et pour les femmes pendant et après la grossesse. A partir des éléments fournis par l'AFSSA ont été édités les divers guides du PNNS : le guide pour tous, le guide pour les parents d'enfants, le guide pour les plus de 55 ans, le guide pour les aidants de personnes âgées ainsi que le guide pour les femmes avant et pendant la grossesse. Ces repères ont servi de base aux différents messages du PNNS émis par les pouvoirs publics.

Cadre général de la saisine

Le Programme national nutrition santé 2011-2015 formule divers principes. Ils mentionnent notamment « les repères nutritionnels du PNNS visent à promouvoir une alimentation et une activité physique favorables à un état nutritionnel et un état de santé optimaux. Aucun des messages du PNNS ne proscrie la consommation d'un quelconque aliment ou boisson mis sur le marché. Les repères nutritionnels conduisent, dans un objectif de santé, à promouvoir certaines catégories d'aliments et boissons, ainsi qu'à recommander la limitation d'autres catégories ».

L'ANSES travaille actuellement sur les bases scientifiques de la répartition énergétique entre les trois macronutriments (les Apports Nutritionnels Conseillés – ANC). Après les protéines en 2007 et les lipides en 2010, une expertise sur les glucides, en lien avec les recommandations sur les deux autres macronutriments, est prévue au programme de travail de l'Unité d'évaluation des risques liés à la nutrition pour 2012. Ces ANC sont des repères pour les professionnels de la santé et de la nutrition et ont donc besoin d'être traduits en recommandations alimentaires pratiques pour la population.

C'est pour cette raison que l'action 11.1 du PNNS 2011-2015 prévoit « **l'actualisation des repères nutritionnels** » qui doivent correspondre à un objectif communication et d'appropriation par le grand public. Il est entendu que les repères sont destinés à la population générale ne souffrant pas de pathologies spécifiques.

Questions posées :

Il est demandé à l'ANSES

1) de proposer une nouvelle formulation des repères nutritionnels du PNNS, y compris ceux concernant l'activité physique sur la base :

- des nouveaux ANC
- des données de consommations INCA
- de la composition des aliments (Oqali, CIQUAL)
- des références internationales

2) de clarifier le positionnement de certains aliments au sein des catégories actuellement utilisées dans les repères nutritionnels en tenant compte de leur qualité nutritionnelle mais également de leur image communément admise par le consommateur :

- (1) les fruits frais, secs et oléagineux ;
- (2) les produits pouvant appartenir à deux catégories différentes : les légumes et les céréales y compris le cas du maïs doux.
- (3) les produits transformés.


3) de quantifier la notion de portion s'il est utile de la préciser dans la nouvelle formulation des repères nutritionnels.

Délai de réponse :

L'avis de l'ANSES est attendu pour la fin du premier semestre 2013. La Direction générale de la santé l'adressera pour commentaires aux acteurs économiques de l'alimentation. Puis le document sera transmis au Haut conseil de la santé publique pour une prise en compte du contexte global de santé publique. L'INPES s'attachera ensuite à la formulation des repères en vue de leur communication vers le grand public notamment dans le cadre de l'actualisation des guides nutrition et des messages sanitaires apposés sur les publicités alimentaires.

Copie : DGAL
DGCCRF

Le Directeur Général de la Santé,


Dr Jean-Yves GRALL

Annexe 2 : Recommandations édictées par le Club des Cardiologues du Sport

Les 10 règles d'or de prévention de survenue d'accidents cardio-vasculaires au cours de la pratique de l'exercice physique, édictées par le Club des Cardiologues du Sport :

1/ Je signale à mon médecin toute douleur dans la poitrine ou essoufflement anormal survenant à l'effort*.

2/ Je signale à mon médecin toute palpitation cardiaque survenant à l'effort ou juste après l'effort*.

3/ Je signale à mon médecin tout malaise survenant à l'effort ou juste après l'effort*.

4/ Je respecte toujours un échauffement et une récupération de 10 min lors de mes activités sportives.

5/ Je bois 3 à 4 gorgées d'eau toutes les 30 min d'exercice à l'entraînement comme en compétition.

6/ J'évite les activités intenses par des températures extérieures $< -5^{\circ}$ ou $> +30^{\circ}$ et lors des pics de pollution.

7/ Je ne fume pas, en tout cas jamais dans les 2 heures qui précèdent ou suivent ma pratique sportive.

8/ Je ne consomme jamais de substance dopante et j'évite l'automédication en général.

9/ Je ne fais pas de sport intense si j'ai de la fièvre, ni dans les 8 jours qui suivent un épisode grippal (fièvre + courbatures).

10/ Je pratique un bilan médical avant de reprendre une activité sportive intense si j'ai plus de 35 ans pour les hommes et 45 ans pour les femmes.

* Quels que soient mon âge, mes niveaux d'entraînement et de performance, ou les résultats d'un précédent bilan cardiologique.

<http://www.clubcardiosport.com>



Agence nationale de sécurité sanitaire
de l'alimentation, de l'environnement et du travail
14 rue Pierre et Marie Curie
94701 Maisons-Alfort Cedex
www.anses.fr / [@Anses_fr](https://twitter.com/Anses_fr)