



HAL
open science

**Activité physique, transport actif et sédentarité :
facteurs individuels associés et conséquences sur la santé
chez les adultes français**

Mehdi Menai

► **To cite this version:**

Mehdi Menai. Activité physique, transport actif et sédentarité : facteurs individuels associés et conséquences sur la santé chez les adultes français. Santé publique et épidémiologie. Université Sorbonne Paris Cité, 2015. Français. NNT : 2015USPCD017 . tel-01498683

HAL Id: tel-01498683

<https://theses.hal.science/tel-01498683v1>

Submitted on 30 Mar 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE PARIS 13
« EQUIPE DE RECHERCHE EN EPIDEMIOLOGIE NUTRITIONNELLE »
ECOLE DOCTORALE GALILEE

Activité physique, transport actif et sédentarité : facteurs individuels associés et conséquences sur la santé chez les adultes français

THÈSE
Pour obtenir le grade de
DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ PARIS 13

Mehdi MENAI

Thèse dirigée par :

Léopold K. FEZEU	Maître de conférences des universités, Université Paris 13 Nord
Jean-Michel OPPERT	Professeur des universités, Université Pierre et Marie Curie (Paris 6)

Rapporteurs :

Patricia MOLINA-DARGENT	Directeur de Recherche INSERM, Université Paris-Sud
Anne VUILLEMIN	Professeur des universités, Université de Lorraine

Jury :

Pierre ARWIDSON	Directeur des affaires scientifiques de l'INPES
Léopold K. FEZEU	Maître de conférences des universités, Université Paris 13 Nord
Patricia MOLINA-DARGENT	Directeur de Recherche INSERM, Université Paris-Sud
Jean-Michel OPPERT	Professeur des universités, Université Pierre et Marie Curie (Paris 6)
Anne VUILLEMIN	Professeur des universités, Université de Lorraine

REMERCIEMENTS

À Madame la Professeure Anne Vuillemin et à Madame la Directrice Patricia Molina-Dargent,

Je vous remercie d'avoir accepté de juger ce travail. Soyez assurées de ma reconnaissance et de tout mon respect.

À Monsieur Pierre Arwidson,

Je vous remercie d'avoir accepté d'être examinateur dans ce jury, c'est un honneur pour moi.

À Monsieur le Professeur Jean-Michel Oppert,

Un peu plus de quatre ans d'aventure statistiques et bibliographiques pour passer d'apprenti à auto-proclamé expert de l'épidémiologie de l'activité physique. Vous avez toujours été là pour nourrir ma curiosité par vos connaissances et votre expérience de médecin, d'épidémiologiste, de chef de département et de négociateur.

Merci d'avoir cru en moi (c'est le cas non ?) tout au long de cette aventure ; je me suis beaucoup amusé et j'ai tellement appris.

À Monsieur le Docteur Léopold K. Fezeu,

Pour m'avoir montré la voie de la méthodologie, des statistiques et de l'organisation d'une étude épidémiologique. Pour avoir accepté de répondre à toutes mes questions, même les plus improbables, et enfin pour m'avoir montré un côté amical et chaleureux, qui manque souvent terriblement sur le lieu de travail.

À Monsieur le Professeur Serge Hercberg,

Pour m'avoir accepté au sein de l'Équipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle (EREN), avoir été présent et avoir accepté de répondre à mes questions lorsque j'en avais besoin.

À Madame le Docteur Emmanuelle Kesse-Guyot,

Toujours d'attaque pour répondre à des questions et me donner franchement son avis. Une qualité rare ! Le monde serait plus intéressant si chacun suivait ce précepte. Je vous inviterai dans mon futur jardin potager un jour. Vous pourrez même jouer avec les chèvres.

À Madame le Docteur Hélène Charreire,

Pour ta constance et ta volonté qui m'ont beaucoup impressionné. Je n'ai rien pu faire contre ton duo avec le Professeur Oppert. Mais j'espère bien gagner une argumentation un jour !

À Monsieur le Docteur Thierry Feuillet,

Qui m'a appris la géographie et les Systèmes d'Information Géographique (SIG), et d'une manière plus générale à savoir travailler de concert, main dans la main, avec quelqu'un d'une autre spécialité. On s'est bien amusé (j'ai une idée pour un papier dans *Science* si tu veux).

Aux doctorantes,

En particulier à Julia Baudry, qui a su supporter mes humeurs et mon humour potache. À Camille Lassalle, l'ouverture d'esprit incarnée. À Solia Adriouch, parce que.

À tous les membres de l'EREN,

Pour avoir été agréables au quotidien. En particulier à Charlotte Voetglin et Charlie Menard, qui ont su se relayer pour me changer les idées et me faire réfléchir sur des sujets variés.

À ma compagne, Maud, et à Julien, JB, Max, Nico, Brian, Manue, Rudy, Mathieu, Yann,

Tous ces gens qui rendent la vie plus intéressante.

Aux passagers du Tramway T1,

Qui m'ont si bien égayé par leurs improvisations souvent burlesques durant ces quelques années.

RESUME

L'activité physique est un facteur protecteur vis-à-vis des pathologies chroniques les plus fréquentes, tandis que la sédentarité en est un facteur de risque. Parmi les domaines de l'activité physique habituelle, le transport actif (marche, vélo) est l'objet d'un intérêt croissant. Mieux comprendre les déterminants et les effets sur la santé de l'activité physique et de la sédentarité est essentiel pour élaborer des interventions de santé publique ciblées sur les populations à risque. Les objectifs de cette thèse étaient d'étudier certains facteurs individuels associés à des domaines spécifiques de la marche et du vélo et étudier les relations de domaines spécifiques de la sédentarité avec certains événements de santé, en prenant en compte les effets de l'activité physique. Nous avons mesuré par questionnaire l'activité physique et la sédentarité d'adultes français de manière transversale dans la cohorte NutriNet-Santé (n=39 295), et de manière longitudinale dans la cohorte SU.VI.MAX (n=2 841). Nous avons mis en évidence que les différentes pratiques de marche (pour aller au travail, de loisir et utilitaire) et leurs relations avec des facteurs individuels ne sont pas homogènes, que lors du passage à la retraite la diminution d'activité physique professionnelle n'était pas compensée par les nouveaux comportements développés, et enfin que les spécificités de l'activité physique et de la sédentarité pouvaient influencer sur des facteurs de risque cardiométaboliques et sur le sommeil. Ces résultats participent à une compréhension approfondie des pratiques et des modes de vie de la population française ainsi que de leur influence sur la santé, pour pouvoir mieux cibler les actes de prévention ou de promotion de la santé.

Mots clés : épidémiologie, activité physique, transport actif, questionnaire, sédentarité, événement de santé, événement de vie

ABSTRACT

Physical activity is a protective factor for common chronic diseases, while sedentary behavior is a risk factor. Among the different domains of habitual physical activity, active transportation (walking, cycling) is a topic of growing interest. A better understanding of the determinants and health effects of physical activity and sedentary lifestyles is essential to develop public health interventions targeted for at-risk populations. The objectives of this thesis were to investigate some individual factors associated with specific domains of walking and cycling, and to explore the relationship of specific areas of sedentary lifestyle with health outcomes, taking into account the effects of habitual physical activity. We measured physical activity and sedentary behavior cross-sectionally with questionnaire in the NutriNet-Santé French adults cohort (n = 39,295 subjects) and longitudinally in the SU.VI.MAX cohort (n = 2,841). Our results indicate that the different domains of walking (commuting, leisure and utility) and their relationships with individual factors are not homogeneous, that during the transition to retirement the decrease in occupational physical activity was not offset by newly developed behaviors, and finally that specific physical activity and sedentary lifestyles could affect cardiometabolic risk factors and excessive daytime sleepiness. These results should contribute to a better understanding of the health behaviors of the French population, in order to better target preventive and health promotion interventions.

Keywords: epidemiology, physical activity, active transport, survey, sedentary lifestyle, health event, life event

REMERCIEMENTS	2
RESUME	4
ABSTRACT	5
LISTE DES TABLEAUX	9
LISTE DES FIGURES	10
LISTE DES ABRÉVIATIONS	11
PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS	12
I. Publications internationales	12
1. Faisant l'objet du travail de thèse	12
2. Ne faisant pas l'objet du travail de thèse	12
II. Communications orales présentées lors de conférences	14
ACTIVITE PHYSIQUE, TRANSPORT ACTIF ET SEDENTARITE	15
I. Définitions	15
1. Activité physique	15
2. Sédentarité	17
II. Mesures de l'activité physique et de la sédentarité	18
1. Données auto-déclarées	18
2. Méthodes objectives	21
3. Observation directe	24
4. Conclusion	24
III. Les indicateurs d'activité physique et de sédentarité	25
1. Prévalence et historique en France	25
2. Prévalence en Europe	28
3. Prévalence dans le monde	28
4. Quelles tendances pour l'avenir ?	30
IV. Associations avec la santé	33
V. Autres facteurs associés	49
1. Facteurs individuels	49
2. Facteurs psychosociaux	52
3. Facteurs environnementaux	53
4. Relations entre les différents types d'activité	56
OBJECTIFS DE LA THESE	59
METHODES GENERALES	60
I. Étude NutriNet-Santé	60

1. Rationnel et de l'étude	60
2. Méthodologie de l'étude	61
II. Étude ACTI-Cités	62
1. Objectifs et méthodes	62
2. Questionnaire STPAQ	64
III. Études SU.VI.MAX et SU.VI.MAX 2	65
1. Rationnel et de l'étude	65
2. Méthodologie de l'étude	66
3. Mesures de l'activité physique et de la sédentarité	67
4. L'Étude SU.VI.MAX 2	68
RESULTATS ET DISCUSSIONS	69
I. Facteurs associés à la marche et au vélo pour aller au travail, les loisirs et les déplacements utilitaires: une enquête transversale chez les adultes français (le projet ACTI-Cités)	69
1. Méthodes	70
2. Résultats de l'étude	72
3. Discussion	80
II. Sédentarité et activité physique pendant le passage à la retraite	83
1. Méthodes	84
2. Résultats de l'étude	85
3. Discussion	91
III. Changements de comportements sédentaires et facteurs de risque cardiométaboliques : une étude longitudinale chez des adultes français	95
1. Méthodes	96
2. Résultats de l'étude	98
3. Discussion	105
IV. Effets combinés de l'activité physique de loisir et du comportement sédentaire dans la somnolence diurne excessive au cours de l'avancée en âge chez les adultes français	109
1. Méthodes	110
2. Résultats de l'étude	111
3. Discussion	117
DISCUSSION GENERALE	120
I. Interrelations de l'activité physique avec la sédentarité	120
1. Marche et vélo : interrelations et relations avec les autres activités physiques	120
2. Activité physique et sédentarité : de la mesure à l'intérêt des relations	122
II. Facteurs associés au transport actif et à la sédentarité	125
1. De l'âge aux événements de vie	125
2. Sous-domaines de la marche et du vélo et diversité des facteurs associés	128
III. Sédentarité/Activité physique et risques pour la santé	132
1. Relations avec les facteurs de risques cardiométaboliques	132
2. Relations avec le sommeil	134
IV. Considérations méthodologiques	135
1. Validité des données et erreur de mesure	135
2. Représentativité des échantillons et généralisation des résultats	136
3. Interprétation des analyses transversales	137

V. Perspectives	138
1. Les sous-domaines	138
2. Évolution des pratiques	138
3. Évolution des recommandations	139
CONCLUSION	140
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	142
ANNEXES	162
I. Questionnaire STPAQ passé dans NutriNet-Santé	162
II. Article 1	176
III. Article 2	197
IV. Article 3	204
V. Article 4	232

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Caractéristiques de quelques questionnaires d'activité physique et de sédentarité.....	20
Tableau 2 - Caractéristiques de la population d'étude.....	72
Tableau 3 - Associations des domaines de la marche et du vélo avec les caractéristiques individuelles et sociodémographiques.....	76
Tableau 4 - Interrelations entre les domaines de la marche et du vélo et associations avec les autres activités physiques.....	79
Tableau 5 – Caractéristiques de la population d'étude selon le passage à la retraite.....	86
Tableau 6 - Relations entre les changements dans le temps passé dans les comportements sédentaires ou les activités physiques en relation avec le statut de retraite entre 2001 et 2007 (régressions linéaires multivariées).....	87
Tableau 7 – Comportements sédentaires et activité physique au début de l'étude (2001) et changements pendant les 6 ans de suivi.....	89
Tableau 8 - Associations entre les changements de temps passé aux comportements sédentaires (variables dépendantes) et les changements de temps passé en activité physique (variables d'expositions) pendant les 6 ans de suivi pour les sujets non retraités en 2007.....	90
Tableau 9 - Associations entre les changements de temps passé aux comportements sédentaires (variables dépendantes) et les changements de temps passé en activité physique (variables d'expositions) pendant les 6 ans de suivi pour les sujets passés à la retraite entre 2001 et 2007.....	90
Tableau 10 - Associations entre les changements de temps passé aux comportements sédentaires (variables dépendantes) et les changements de temps passé en activité physique (variables d'expositions) pendant les 6 ans de suivi pour les sujets retraités en 2001.....	91
Tableau 11 - Caractéristiques [moyenne (ET) ou pourcentages] de la population d'étude (n=2517) en 2001 et les changements entre 2001 et 2007.....	99
Tableau 12 - Associations transversales et longitudinales entre les différents comportements sédentaires et les facteurs de risque cardiométaboliques.....	102
Tableau 13 - Caractéristiques des participants (N=4 179; 2007-2009) selon leur statut de l'échelle de sommeil d'Epworth (ESS).....	113
Tableau 14 - Analyse en régression logistique de l'association entre somnolence diurne excessive (ess> 10) et quartiles de temps d'activité physique de loisir (n = 4 179).....	114
Tableau 15 - Analyse en régression logistique de l'association entre somnolence diurne excessive (ESS> 10) et quartiles de temps d'activité physique de loisir après exclusion des participants sous somnifère (n=3 368).....	115
Tableau 16 - Analyse de régression logistique pour l'association entre somnolence diurne excessive (ESS> 10) et quartiles de temps d'activité sédentaires (n=4 179).....	116
Tableau 17 - Analyse en régression logistique de l'association entre somnolence diurne excessive (ess> 10) et combinaison d'activité physique et de sédentarité (n=4 179).....	117

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Schématisation des fréquences de pratique d'une activité physique de loisir (Aquatias et al. 2008) ...	26
Figure 2 : Prévalence d'une activité physique insuffisante chez les hommes par pays en 2010 (source : OMS) .	29
Figure 3 : Prévalence d'une activité physique insuffisante chez les femmes par pays en 2010 (source : OMS) ..	30
Figure 4 : Prévalence standardisée sur l'âge de la pratique insuffisante d'activité physique en 2010, chez des adultes d'au moins 18 ans, par pays, dans les pays les plus pauvres (gauche) et les plus riches (droite) (source : OMS)	30
Figure 5 : Dépense énergétique en MET/h/sem. pour l'activité physique et en h/sem. pour la sédentarité chez les adultes citoyen des États-Unis, de 1965 à 2009, et prévision jusqu'en 2030	31
Figure 6 : Dépense énergétique en MET/h/sem. pour l'activité physique et en h/sem. pour la sédentarité chez les adultes Chinois, de 1991 à 2009, et prévision jusqu'en 2030	32
Figure 7 - Risque de mortalité associé au temps de pratique hebdomadaire d'activité physique ; adapté de (PAGAC 2008).....	34
Figure 8 - Effet dose-réponse en MET-h/sem. de la relation entre marche et Risque Relatif de mortalité toute cause* adapté de (Woodcock et al. 2011)	36
Figure 9 - Effet dose-réponse de la relation entre MET-h/sem. de vélo et Risque Relatif de mortalité toute cause adapté de (Kelly et al. 2014a).....	37
Figure 10 - Association entre temps sédentaire et mortalité toute cause*, adapté de (Wilmot et al. 2012).....	38
Figure 11 - Relation dose-réponse de la relation entre degré d'activité physique et risque relatif de d'événement de maladie cardio-vasculaire, adapté de (Shiroma and Lee 2010)	39
Figure 12 - Relation dose-réponse entre degré d'activité physique et Risque Relatif de de maladie cardiovasculaire, adapté de (Boone-Heinonen et al. 2009)	41
Figure 13 - Résumé des ORs d'études rapportant une association entre transport actif et surpoids ou obésité (BMI \geq 25), adapté de (Wanner et al. 2012).....	46
Figure 14 - Associations entre activité physique et retraite – Adapté de (Barnett et al. 2012b)	50
Figure 15 – Schématisation des composantes des facteurs environnementaux.....	54
Figure 16 – Pourcentage de participants* qui ont rapporté pratiquer au moins 30 minutes par semaine de marche pour aller au travail, pour les loisirs ou utilitaire parmi des classes d'âge de 5 ans	73
Figure 17 – Pourcentage de participants* qui ont rapporté pratiquer au moins 30 minutes par semaine de vélo pour aller au travail, pour les loisirs ou utilitaire parmi des classes d'âge de 5 ans	74
Figure 18 - Schématisation des relations multivariées entre les différents domaines de la marche et du vélo	78
Figure 19- Pratique des activités de loisir les plus rapportées en 2001 et 2007	88
Figure 20 - Odd ratios (IC à 95%) pour l'association entre une augmentation d'une heure de temps passé devant la télévision, l'ordinateur ou à lire pendant les loisirs en 2001 (h/sem.) et l'incidence de syndrome métabolique en 2007, selon la définition NCEP-ATPIII et IDF.....	104

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ALPHA	- Assessing levels of physical activity and fitness at population level
BVA	- Institut d'études de marché et d'opinion
CDC	- Centers for disease control and Prevention
CFES	- Comité français d'éducation pour la santé
CREDOC	- Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie
GPAQ	- Global physical activity questionnaire
IDF	- International diabetes federation
INCA	- Institut national du cancer
INSEE	- Institut national de la statistique et des études économiques
INSEP	- Institut national du sport, de l'expertise et de la performance
INSERM	- Institut national de la santé et de la recherche médicale
INPES	- Institut national de prévention et d'éducation pour la santé
INRA	- Institut national de la recherche agronomique
IPAQ	- International physical activity questionnaire
IRESP	- Institut de recherche en santé publique
MAQ	- Modifiable activity questionnaire
NCEP-ATPIII	- National cholesterol education program; third report of the expert panel on detection, Evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults
NIH	- National institutes of health
OMS	- Organisation mondiale de la santé
OSPAQ	- Occupational sitting & physical activity questionnaire
PAGAC	- Physical activity guidelines advisory committee
RNIPP	- Répertoire national d'identification des personnes physiques
RPAQ	- Recent physical activity questionnaire
SBQ	- Sedentary behavior questionnaire

PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

I. PUBLICATIONS INTERNATIONALES

1. FAISANT L'OBJET DU TRAVAIL DE THESE

- Menai M, Charreire H, Feuillet T, Salze P, Weber C, Eaux C, Andreeva VA, Hercberg S, Nazare JA, Perchoux C, Simon C, Oppert JM. Walking and cycling for commuting, leisure and errands: correlates and interrelations in a cross-sectional survey (the ACTI-Cités project). *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* (In revision)

- Menai M, Charreire H, Kesse-Guyot E, Andreeva VA, Hercberg S, Galan P, Oppert JM, Fezeu L. Determining the association between types of sedentary behaviours and cardiometabolic risk factors: a 6 year longitudinal study of French adults. *Diabetes & Metabolism* (In press)

- Menai M, Andrianasolo R, Galan P, Hercberg S, Oppert JM, Kesse-Guyot E, Andreeva VA. Interplay between leisure-time physical activity and sedentary behavior and their respective roles in excessive daytime sleepiness in French aging adults. *International Journal of Behavioral Medicine* (Epub)

- Menai M, Fezeu L, Charreire H, Kesse-Guyot E, Touvier M, Simon C, Weber C, Andreeva VA, Hercberg S, Oppert JM. Changes in sedentary behaviours and associations with physical activity through retirement: a 6-year longitudinal study. *PLoS One* 2014 Sep;26;9(9)

2. NE FAISANT PAS L'OBJET DU TRAVAIL DE THESE

- Feuillet T, Charreire H, Menai M, Salze P, Simon C, Dugas J, Hercberg S, Andreeva VA, Eaux C, Weber C, Oppert JM. Spatial heterogeneity of the relationships between

environmental characteristics and active commuting: towards a locally varying social ecological model. *International Journal of Health Geographics* 2015 Mar 25;14(1):12

- Saidj M, Menai M, Charreire H, Weber C, Enaux C, Aadahl M, Kesse-Guyot E, Hercberg S, Simon C, Oppert JM. Descriptive study of sedentary behaviours in 35,444 French working adults: cross-sectional findings from the ACTI-Cités study. *BMC Public Health*. 2015 Apr 14;15(1):379.

- Lelong H, Blacher J, Menai M, Galan P, Fezeu LK, Hercberg S, Kesse-Guyot E. Association Between Blood Pressure and Adherence to French Dietary Guidelines. *Journal of Hypertension* (Submitted)

- Omorou AY, Vuillemin A, Menai M, Latache C, Galan P, Hercberg S, Oppert JM, Briançon S. 10-year cumulative and bidirectional association of domain-specific physical activity and sedentary behaviour with health-related quality of life in French adults: Results from the SU.VI.MAX studies. *Preventive Medicine* (Submitted)

- Salze P, Ramadier T, Feuillet T, Charreire H, Oppert J.-M, Weber C, Menai M, Hess F, Simon C. The socio-geographical (re)production of daily activity-travel patterns: towards a time-geography of social dispositions. *Environment and Planning A* (Submitted)

- Feuillet T, Salze P, Charreire H, Menai M, Enaux C, Perchoux C, Hess F, Kesse-Guyot E, Hercberg S, Simon C, Weber C, Oppert JM. Built environment in (local) relation with walking: Why here and not there? *Journal of Transport & Health* (In revision)

- Adriouch S, Julia C, Kesse-Guyot E, Méjean C, Ducrot P, Péneau S, Donnenfeld M, Deschasaux M, Menai M, Hercberg S, Touvier M, Fezeu LK. Prospective association between an individual dietary index based on the British food standard agency nutrient profiling system and cardiovascular disease risk. *European Heart Journal* (In revision)

II. COMMUNICATIONS ORALES PRESENTEES

LORS DE CONFERENCES

- Menai M, Charreire H, Feuillet T, Salze P, Weber C, Enaud C, Andreeva VA, Hercberg S, Nazare JA, Perchoux C, Simon C, Oppert JM. *Transport-related physical activity across age groups in 29,614 French adults (ACTI-Cités project)*. 10th Annual Meeting and 5th Conference of HEPA Europe (European network for the promotion of health-enhancing physical activity), August 27-29, 2014, Zurich, Switzerland

- Menai M, Charreire H, Kesse-Guyot E, Andreeva VA, Hercberg S, Galan P, Oppert JM, Fezeu L. *Changes in sedentary behaviors and physical activity in relation with the risk of metabolic syndrome: longitudinal study in French adults* European Congress of Obesity, May 12-15 2013, Liverpool, UK

- Menai M, Charreire H, Feuillet T, Salze P, Weber C, Enaud C, Andreeva VA, Hercberg S, Nazare JA, Perchoux C, Simon C, Oppert JM. *Pratique de la marche et du vélo en fonction de l'âge chez 32,907 adultes français de la cohorte NutriNet-Santé (Projet ACTI-Cités)*. Journées Francophones de Nutrition (JFN), décembre 2014, Bruxelles

ACTIVITE PHYSIQUE, TRANSPORT

ACTIF ET SEDENTARITE

I. DEFINITIONS

1. ACTIVITE PHYSIQUE

L'activité physique est définie par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et le Physical Activity Guidelines Advisory Committee (PAGAC) comme « tout mouvement corporel produit par la contraction des muscles squelettiques qui augmente la dépense énergétique au-dessus de la dépense de repos ». L'activité physique est un comportement complexe, multidimensionnel. Pour chaque activité les caractéristiques à prendre en compte sont le contexte, le type, la durée, la fréquence et l'intensité.

L'intensité correspond à la dépense énergétique d'une activité donnée. L'intensité dépend du type d'activité pratiqué, de l'effort musculaire induit et de caractéristiques individuelles du sujet qui pratique cette activité (par exemple l'âge, le poids, le niveau d'entraînement, etc.). Une notion très utilisée pour exprimer l'intensité des activités physiques est le Metabolic Equivalent Task ou MET (Ainsworth et al. 2011). Le MET est le rapport du coût énergétique d'une activité donnée à la dépense énergétique de repos (individu éveillé, assis, sans bouger). On classe habituellement les activités physiques en fonction de leur niveau de MET en : intensité faible <3 METs, intensité modérée entre 3-6 METs, intensité élevée >6 METs. Des tables de METs donnent des valeurs moyennes d'intensité pour de nombreuses activités physiques de loisir, de travail, domestiques ou de transport (Ainsworth et al. 2011).

La durée correspond au temps et à la fréquence de pratique d'une activité dans un contexte spécifique. C'est un temps cumulé, c'est-à-dire sans prise en compte de la durée de chaque épisode ou « session » d'activité physique (de nombreux épisodes de durée brève ou un

épisode de durée prolongée pour un même temps cumulé). Une quantité ou un « volume » d'activité physique peut alors être déterminé de la façon suivante :

$$\text{Quantité} = \text{Durée} \times \text{Fréquence} \times \text{Intensité}$$

- RECOMMANDATIONS

Nous ferons référence à plusieurs reprises dans ce document aux recommandations d'activité physique de l'OMS pour les adultes dont l'objectif est de prévenir la survenue de certaines maladies non transmissibles. Ces recommandations indiquent qu'un adulte devrait pratiquer au moins 150 minutes par semaine d'activité physique d'intensité modérée (de 3 à 6 METs), soit entre 7,5 et 15 MET-heures/semaine¹.

- DOMAINE PROFESSIONNEL

Il n'existe à notre connaissance aucun organisme ayant produit de définition sur ce qui était considéré ou non comme activité physique professionnelle. Nous considérerons que l'activité physique professionnelle correspond à toute activité physique pratiquée sur le ou les lieux de travail.

- DOMAINE DES TRANSPORTS

Selon Santé Canada² le transport actif fait référence à toute forme de transport à propulsion humaine - marche, course, vélo, ou tout autre transport mécanique (fauteuil roulant, planche à roulette, ski, etc.). Comme pour l'activité physique, le transport actif peut être considéré pour un contexte, comme aller au travail ou utilitaire. La marche et le vélo de loisir ne sont pas considérés au sens strict comme relevant du transport actif.

- DOMAINE DOMESTIQUE

Il n'existe à notre connaissance aucun organisme ayant produit de définition sur ce qui est considéré ou non comme activité domestique. Le PAGAC donne des définitions de plusieurs types d'activités physiques, dont les activités de tous les jours nécessitant du matériel, qui

¹ http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44436/1/9789242599978_fre.pdf

² <http://www.hc-sc.gc.ca>

comprennent des activités domestiques telles que cuisiner, passer l'aspirateur et faire des courses. Dans notre travail, nous avons considéré comme activité domestique uniquement les activités physiques utilitaires faites au domicile et nécessitant un effort physique au moins d'intensité modérée (PAGAC 2008).

- DOMAINE DES LOISIRS

Une activité physique de loisir correspond à toute activité physique effectuée selon l'envie de chaque individu, et non nécessaire à la vie quotidienne. Ces activités comprennent la participation aux sports et les activités récréatives telles qu'aller se promener, danser et jardiner (PAGAC 2008).

2. SEDENTARITE

Sédentaire vient du latin sedere, qui signifie « être assis ». Ainsi le comportement sédentaire ne représente-t-il pas seulement une activité physique faible ou nulle, mais correspond à un ensemble de comportements au cours desquels la position assise ou couchée est dominante et la dépense énergétique est inférieure ou égale à 1,5 METs (Biddle 2007, Cart 2012, Pate, O'Neill and Lobelo 2008). Il s'agit d'occupations variées telles que regarder la télévision ou des vidéos, travailler sur ordinateur, lire, conduire. Par analogie avec l'activité physique, différents domaines de comportement sédentaire peuvent être identifiés tels que les loisirs, le travail, les transports.

II. MESURES DE L'ACTIVITE PHYSIQUE ET DE LA SEDENTARITE

L'évaluation de l'activité physique, en particulier dans le cadre de la prévention, apparaît essentielle pour : 1) Mieux documenter le niveau habituel d'activité physique chez les sujets sains ou malades et ses variations, 2) Mieux comprendre les relations entre niveau habituel d'activité physique et développement des pathologies en général et celles liées à la nutrition en particulier, 3) Mieux comprendre les déterminants (individuels, environnementaux) de l'activité physique habituelle, 4) Mieux évaluer l'effet d'interventions destinées à augmenter le niveau habituel d'activité physique chez les sujets sains et les patients (Wareham and Rennie 1998). Le type d'évaluation de l'activité physique est dépendant de l'objectif. Il existe des évaluations objectives, qui quantifient l'activité physique effectuée indépendamment du contexte de la pratique. Ces méthodes sont adéquates pour renseigner les niveaux et variations d'activité physique, pour associer des niveaux d'activité physique aux pathologies et pour évaluer les effets des interventions. Les autres méthodes de mesure sont subjectives, mesurant moins précisément la quantité d'activité physique mais renseignant les contextes de chaque activité. Ces méthodes sont adéquates pour connaître les pratiques d'activité physique et leur variations, les relations entre ces pratiques et les pathologies, mais surtout pour déterminer les relations qu'il existe entre ces pratiques et leurs déterminants.

1. DONNEES AUTO-DECLAREES

Les outils de la mesure auto-déclarée de l'activité physique sont les premiers à avoir été mis en place dans les années 1960/1970 comme question annexe de questionnaires généralistes. Ce type de mesure est la source principale des données sur les contextes des activités en plus de leur quantité. Les tables disponibles dans la littérature permettent d'estimer l'intensité totale des activités physiques pratiquées (Ainsworth et al. 2011, Ainsworth et al. 2000, Vaz et al. 2005).

- QUESTIONNAIRE

Il existe plusieurs types de questionnaires, chacun ayant des avantages et inconvénients.

Tout d'abord, les questionnaires dits globaux sont de très petits questionnaires (moins de cinq questions) qui permettent de rapidement classer l'activité physique d'un individu. Cela peut être une seule question du type « Avez-vous une activité physique régulière (de transport, au travail, pendant les loisirs) ? » (Czernichow et al. 2004), ou une question par domaine (Taylor-Piliae et al. 2006). La qualité principale des questionnaires globaux est sa simplicité pour l'administration et le traitement des données. En revanche, ce type de question ne permet pas de comparer les réponses avec des recommandations, ou de permettre d'établir précisément une relation quantitative avec un événement.

Consistant en plus de questions (en général moins de vingt), les questionnaires dit court-terme incluent des informations sur la fréquence, la durée et l'intensité de divers domaines d'activité physique pour une période de temps variant d'une semaine à un mois. En multipliant la fréquence par la durée et l'intensité (METs) des activités physiques, un score d'activité physique quantitatif peut être obtenu pour une unité de temps donnée. Le principal avantage de ce type de questionnaire est de pouvoir comparer ce score d'activité physique avec des recommandations, ainsi que de pouvoir établir des relations dose-réponse avec des événements. En revanche, ce type de questionnaire a pour limite la possibilité d'un biais de mémoire lors de la déclaration des activités physiques effectuées (Durante and Ainsworth 1996).

Enfin, il existe des questionnaires plus longs, et qui ont pour objectif d'évaluer un score d'activité physique pour toutes les activités physiques de tout ou partie des domaines (transport, travail, domestique, loisirs). L'échelle de temps peut varier du mois à la vie entière. Ces questionnaires ont l'avantage, en plus de l'aspect dose-réponse, de permettre de définir des typologies de comportement par rapport à la pratique ou non pratique de certaines activités physiques. En revanche, les questionnaires sont plus complexes (avec le risque de « perdre » le participant) et sont soumis aux biais de mémoire, d'évaluation et de désirabilité. Le Tableau 1 présente les caractéristiques de quelques questionnaires d'activité physique et de sédentarité.

Tableau 1 - Caractéristiques de quelques questionnaires d'activité physique et de sédentarité

	Mode d'administration	Durée d'administration	Période évaluée	Activités physiques étudiées	Sédentarités étudiées	Références
IPAQ long	Téléphone ou auto-administré	15 minutes	Semaine précédente	<ul style="list-style-type: none"> • Loisirs • Professionnelles • Domestiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Temps assis 	(Craig et al. 2003)
IPAQ court	Téléphone ou auto-administré	5 minutes	Semaine précédente	<ul style="list-style-type: none"> • Intensité modérée • Intensité vigoureuse • Marche 	<ul style="list-style-type: none"> • Temps assis 	(Craig et al. 2003)
MAQ	Face à face ou auto-administré	De 5 minutes à 1h	Année précédente	<ul style="list-style-type: none"> • Loisirs • Professionnelles • Domestiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Temps d'écran 	(Vuillemin et al. 2000b) (Kriska et al. 1990)
RPAQ	Face à face ou auto-administré	15 minutes	Mois précédent	<ul style="list-style-type: none"> • Loisirs • Professionnelles • Transport 	<ul style="list-style-type: none"> • Télévision • Console 	(Besson et al. 2010)
SBQ	Face à face ou auto-administré	5 minutes	Jour de semaine et weekend "habituel"		<ul style="list-style-type: none"> • Télévision • Console de jeux/ordinateur • Temps assis (à écouter de la musique, à lire, au téléphone, au travail, dans les transports) • Instrument de musique, artisanat 	(Rosenberg et al. 2010)
OSPAQ	Face à face ou auto-administré	5 minutes	Semaine précédente	<ul style="list-style-type: none"> • Professionnelles 	<ul style="list-style-type: none"> • Temps assis au travail 	(Chau et al. 2012)

Les questionnaires ont la particularité de pouvoir être remplis par le sujet lui-même, en auto-administration ou au cours d'un entretien, ou par une tierce personne (enseignant, assistante maternelle, conjoint, etc.). Ils peuvent se présenter sous différentes formes : papier, assisté par ordinateur (Berthouze et al. 1993, Vuillemin et al. 2000a), à remplir sur internet (Marsden and Jones 2001) ; leurs périodes de rappel sont variables, pouvant s'étendre sur la vie du sujet (Chasan-Taber et al. 2002, Friedenreich, Courneya and Bryant 1998, Vuillemin et al. 2000a). Les questionnaires d'activité physique en général ont un faible coût, sont faciles d'application, peuvent prendre en compte des variations saisonnières si le questionnaire est adapté. Ils sont cependant soumis à certains biais, ne mesurent que les domaines qu'ils abordent, manquent parfois de précision et sont soumis à une surévaluation de la part des individus (Shephard 2003).

Il existe aujourd'hui de très nombreux questionnaires évaluant les comportements d'activité physique et de sédentarité. Une revue récente de la littérature a dénombré pas moins de cent trente questionnaires (deux tiers jusqu'en 2008 et un tiers depuis) évaluant principalement l'activité physique et ayant été l'objet d'une étude de validation (c'est-à-dire la qualité de la mesure comparée à celle du gold-standard) (Helmerhorst et al. 2012). Les auteurs concluent sur l'idée que si la répétabilité de ces questionnaires est bonne (médiane des coefficients de corrélation 0,62-0,76), leur validité est au mieux moyenne (médiane des coefficients 0,25-0,41) ; de plus, selon eux, les nouveaux questionnaires d'activités physiques ne seraient d'une manière générale pas meilleurs que les anciens en termes de répétabilité et de validité. Parmi

l'étude des quatre-vingt-seize questionnaires produits avant 2008, trente et un (32,3%) comprennent une ou plusieurs questions sur la sédentarité et vingt et un (21,9%) pour l'activité physique de transport. Pour les trente-quatre nouveaux questionnaires, quatorze (41,2%) évaluent la sédentarité et quatorze (41,2%) l'activité physique de transport.

- JOURNAL

Les journaux d'activité physique contiennent des informations à remplir concernant le type d'activité ou la durée, mais aussi sur le moment de la journée ou de l'état émotionnel pendant la pratique. On peut demander à un individu de remplir un journal pendant quelques jours ou plusieurs semaines, selon le type d'étude. Le calcul des scores d'activité physique est similaire à celui des questionnaires courts ou longs. Le journal est rarement utilisé comme instrument de mesure seul, mais plus fréquemment en complément d'une autre méthode. Cette méthode nécessite une bonne coopération des sujets et est inappropriée chez les enfants, voire chez certaines personnes âgées. L'avantage principal est d'être plus précis qu'un questionnaire faisant appel à la mémoire, tout en étant moins onéreux qu'un dispositif de mesure objectif. En revanche, beaucoup de ressources sont nécessaires pour traiter les données si le journal est en format papier, et cela demande une attention tout au long de la journée pour le participant.

2. METHODES OBJECTIVES

L'activité physique et la sédentarité peuvent être mesurées par des méthodes objectives pour chaque individu, et traduites en quantité via des échelles propres à chaque dispositif. Ces méthodes sont souvent dépendantes des paramètres individuels, ce qui diminue la possibilité de comparaisons entre individus (Schutz, Weinsier and Hunter 2001). À l'inverse, il existe des méthodes de mesure de l'activité physique et de la sédentarité qui, moins dépendantes des variations entre individus, permettent de mesurer et comparer cette activité plus facilement. Les indicateurs résultant de la combinaison des paramètres mesurés peuvent être un score, une appartenance à un groupe prédéfini ou un temps. La liste ci-après comprend les appareils les plus utilisés en santé publique, mais la liste n'est pas exhaustive.

- ACCELEROMETRES

L'accélérométrie est la technique de mesure du mouvement qui connaît actuellement la diffusion la plus importante. Lors du mouvement, le tronc et les membres sont soumis à des

accélération et décélération théoriquement proportionnelles à la force musculaire exercée et donc à l'énergie dépensée (Corder, Brage and Ekelund 2007). Les accéléromètres de type portable utilisent les propriétés de la céramique piézo-électrique qui, en se déformant sous l'effet d'une force appliquée dans une direction donnée, génère une différence de potentiel. Ces différences de potentiel sont intégrées et totalisées sur un intervalle de temps donné. Les résultats sont alors exprimés en unités de mouvements appelés "coups" (counts) par unité de temps. Les modèles d'accéléromètres portables qui sont diffusés commercialement se présentent sous la forme d'un petit boîtier porté à la hanche ou au bas du dos. Des seuils de coups par minute ont été établis par rapport aux catégories d'intensité d'activité (sédentarité, intensité faible, modérée et intense).

Si l'accéléromètre est autant utilisé pour mesurer l'activité physique et la sédentarité, c'est que celui-ci arrive avec précision, sans être très contraignant pour l'utilisateur, à déterminer la fréquence, la durée et l'intensité des différentes activités au fil des jours grâce à sa longue autonomie. En revanche, les accéléromètres sont coûteux, nécessitent de l'expertise technique pour utiliser les données, et sont caractérisés par un taux non négligeable de non adhérence des sujets l'utilisant pour certaines raisons pratiques (allumer l'appareil, vérifier le positionnement ou le niveau de la batterie pour l'utiliser). De plus, son efficacité est limitée pour différencier les intensités faibles (comme les comportements sédentaires) ainsi que les activités qui ne nécessitent pas de déplacement, comme le vélo.

- **PODOMETRES**

Les podomètres sont des compteurs de mouvement simples, peu coûteux et peu encombrants permettant de mesurer le nombre de pas effectués par un sujet (Tudor-Locke et al. 2011). Le podomètre enregistre le mouvement vertical associé à un pas, le plus souvent par un levier suspendu par un ressort associé à un composant électronique. L'appareil se présente sous la forme d'un petit boîtier et se fixe à la ceinture au-dessus de la hanche. Après avoir mesuré la longueur du pas habituel du sujet, le résultat peut également être converti en distance parcourue. Le podomètre ne mesure que le nombre de pas ou d'impulsions effectués lors des activités ambulatoires (marche, course).

Il sous-estime l'activité physique lors de la réalisation d'activités statiques (porte de charges, vélo, rameur, etc.) et ne permet pas d'évaluer l'intensité du mouvement. Tout mouvement dans le plan vertical (comme se lever d'une chaise) peut éventuellement être détecté et compté pour un pas selon le seuil de réglage du podomètre (Schonhofer et al. 1997). La

précision dans l'estimation du nombre de pas effectués et de la distance parcourue est variable en fonction des modèles disponibles (Schneider, Crouter and Bassett 2004).

- MONITEURS DE FREQUENCE CARDIAQUE

La méthode de cardiofréquencemétrie pour mesurer l'activité physique via la dépense énergétique est basée sur l'existence d'une relation linéaire entre la fréquence cardiaque et la consommation d'oxygène (VO_2) chez un individu soumis à un exercice de puissance progressivement croissante (Spurr et al. 1988). Il faut noter que cette relation n'est linéaire qu'au-dessus d'un certain seuil d'activité dit "point d'inflexion de la fréquence cardiaque" (Kozey-Keadle et al. 2011). Les moniteurs de fréquence cardiaque miniaturisés actuels sont constitués d'un émetteur de petite taille, avec des électrodes précordiales (détectant l'onde R électrocardiographique) maintenues par une sangle thoracique, et d'un microprocesseur sous la forme d'une grosse montre-bracelet enregistrant la fréquence cardiaque en continu. Une mesure sur plusieurs jours est possible grâce aux capacités de stockage des données. Il est ainsi possible de déterminer, pour une période donnée, la fréquence cardiaque (battements par minute) moyenne, le pourcentage du temps passé au-dessus de la fréquence de repos ou d'un autre seuil de fréquence cardiaque donné. Après calibration individuelle, c'est-à-dire la détermination pour chaque sujet de la relation entre fréquence cardiaque et VO_2 lors d'exercices standardisés, les données de fréquence cardiaque peuvent être converties en dépense énergétique et en niveau d'activité physique. Les estimations de dépense énergétique ne seront précises que pour des activités continues, d'intensité modérée, poursuivies en état stable pendant plusieurs minutes au moins. Les données brutes de fréquence cardiaque peuvent toutefois être utilisées sans nécessairement être converties en dépense énergétique, ce qui permet de définir des profils individuels d'activité. Il existe une variabilité inter- et intra-individuelle de la relation entre fréquence cardiaque et VO_2 (pente, ordonnée à l'origine). L'âge, le sexe, le poids et le niveau d'entraînement modulent la relation. Les moniteurs de fréquence cardiaque sont particulièrement indiqués pour capter les activités physiques non-ambulatoires que les accéléromètres ne peuvent estimer avec précision. Ils sont généralement de faible coût et acceptables par les individus. En revanche, ces dispositifs sont sensibles à la médication qui influence la fréquence cardiaque, et ne donnent pas d'information sur le type d'activité physique.

3. OBSERVATION DIRECTE

L'observation directe du comportement est l'une des premières méthodes de mesure de l'activité physique qui nécessite la présence de l'observateur sur le terrain. L'observation directe caractérise la pratique et quantifie les modalités de l'activité physique à partir de grilles d'observation remplies par des enquêteurs entraînés. Cette méthode peut fournir des données sur le contexte de l'activité physique dont les participants n'ont pas forcément conscience, et est normalement objective. Elle est particulièrement utile pour les recherches chez l'enfant (du fait notamment de l'incapacité de ce dernier à fournir un rappel des activités) et pour les approches écologiques et cognitivo-comportementales étudiant les influences des environnements physiques et sociaux sur l'activité physique (McKenzie 2010). Cependant, l'acceptabilité chez le sujet n'est pas forcément bonne, la méthode est fastidieuse, nécessite beaucoup d'observateurs, et les résultats peuvent varier d'un observateur à l'autre.

4. CONCLUSION

Rapporter l'activité physique s'appuie sur la capacité d'une personne à restituer des informations exactes, et peut être soumis à un biais de mémoire ou de désirabilité sociale (Wilcox et al. 2001). En outre, certaines questions peuvent demander des estimations pour lesquels chaque individu n'a pas la même facilité à répondre. Cependant, l'administration peu coûteuse et rapide des outils de mesure utilisant des données auto-déclarées permet entre autres des études à grande échelle, tandis que l'interview par un professionnel augmente la qualité des données collectées et le taux de réponse par rapport aux questionnaires auto-administrés (Matthews and Welk 2002). Son faible coût, la caractérisation des activités et des contextes en font des méthodes utilisées aujourd'hui dans de nombreuses études, et sont intéressants pour étudier de nouveaux secteurs d'intérêt.

D'un autre côté, on utilise de plus en plus des outils portables et objectifs pour mesurer l'activité physique, que ce soit en santé publique ou dans la sphère privée. Si ceux-ci ont une précision sans commune mesure avec les données auto-rapportées subjectives, aucun des appareils n'arrive à parfaitement quantifier n'importe quelle activité physique. D'une manière générale, chacun de ceux-ci est très adapté soit pour un type d'activité physique particulier, soit pour une certaine population, ou en rapport à certaines restrictions (temps, budget, etc.).

III. LES INDICATEURS D'ACTIVITE PHYSIQUE ET DE SEDENTARITE

Dans cette partie, nous évaluerons les niveaux d'activité physique pour différentes populations. Nous nous sommes focalisés sur l'activité physique plutôt que sur la sédentarité principalement car l'activité physique est évaluée depuis plus longtemps et d'une manière plus complète. On s'attachera plutôt à l'information la plus pertinente en matière de comparabilité des résultats plutôt qu'à l'exhaustivité, pour ne pas se heurter aux différences de définition, d'échelle ou encore de variable d'intérêt qui peuvent varier entre études.

1. PREVALENCE ET HISTORIQUE EN FRANCE

La première étude nationale de l'INSEE, en 1967 portait sur les activités sportives des Français ; celle-ci a montré que 39% des adultes français pratiquaient un sport (INSEE 1970). Pendant les 40 années suivantes, une dizaine d'étude provenant d'organismes français variés (INSEE, Sofres, INSEP, CREDOC, BVA, CFES) vont elles aussi tenter de déterminer la pratique d'une activité sportive. Cependant, les informations fournies par ces différentes études se basent sur des populations qui peuvent être différentes en termes d'âges (chez des Français de 12+ ans à 14+ ans selon l'étude), de taille de l'échantillon (de 1 000 à 30 000 individus) ou de l'évaluation de cette pratique (sur la semaine ou l'année écoulée) (Aquatias et al. 2008). Le taux de pratique est résumé sur la Figure 1.

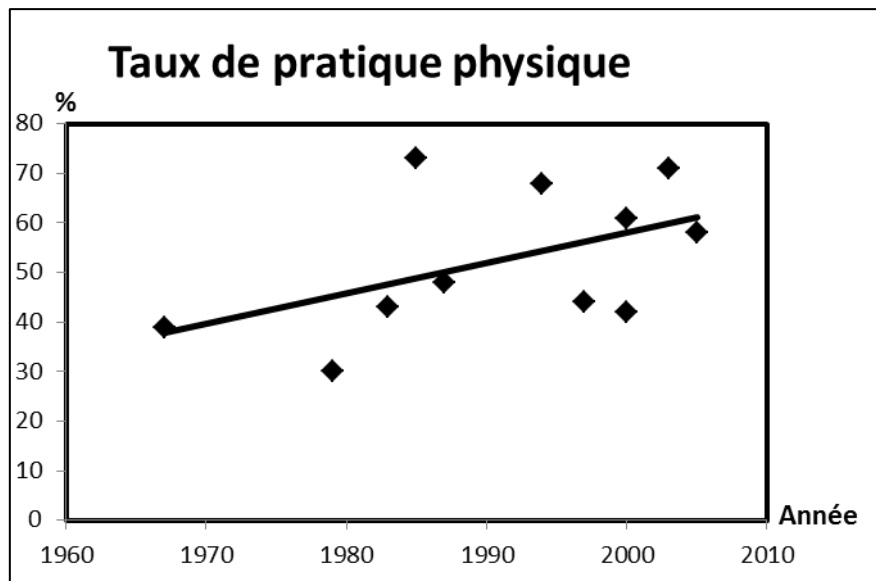


Figure 1 - Schématisation des fréquences de pratique d'une activité physique de loisir (Aquatias et al. 2008)

On peut observer sur ce graphique une nette augmentation de la pratique d'une activité physique, bien que certaines études montrent des taux très différents à des intervalles de temps très courts. À en croire ces différentes études, la population française a toujours été sportive et le sera de plus en plus à l'avenir. Cependant, si on regarde de plus près, comme l'a fait très clairement remarquer l'expertise de l'INSERM, les définitions sont très variables, et ne correspondent absolument pas à la connaissance des niveaux d'activité physique des Français (Aquatias et al. 2008). Dans la plupart des enquêtes, il est question de savoir si un individu a déjà pratiqué, dans l'année écoulée, au moins une activité physique ou sportive. Cette question ne s'intéresse ni à la fréquence ni au type de pratique, et si celle-ci se place dans les loisirs ou dans un autre contexte (marcher pour aller au travail n'est pas forcément considéré comme faire une activité physique par un individu). Il faudra attendre l'enquête de 1985 de l'INSEP pour avoir un aperçu des pratiques de différentes activités physiques, tout en introduisant la question des activités de loisir « en marge » en matière de définition, comme la chasse ou la marche de loisir.

Finalement, plutôt qu'un historique des tendances des niveaux d'activité physique, le premier historique est celui des définitions : comment celles-ci ont évolué, et quels items dans les questionnaires ont été la traduction de ces définitions. Il faudra attendre l'utilisation d'un

questionnaire spécifique de l'activité physique, l'IPAQ³ (ou de son outil dérivé le GPAQ⁴), pour avoir une première approche des niveaux d'activité physique.

Récemment, plusieurs enquêtes basées sur ces questionnaires ont été réalisées, et permettent d'estimer plus précisément le niveau habituel d'activité physique des adultes français. Ces enquêtes ont été réalisées sur des échantillons représentatifs de la population, avec une prise en compte quantitative de l'activité physique de loisir, mais aussi de transport, au travail et domestique.

Dans l'enquête INCA-2 (2006-2007), 48,4% des hommes et 41,3% des femmes atteignaient un niveau d'activité physique favorable à la santé (Lafay 2009) (pour une population de 18 à 79 ans). Pendant la même période, dans l'étude nationale nutrition santé (ENNS, 2006-2007), ces niveaux étaient à 63,9% chez les hommes et à 29,5% chez les femmes (pour une population de 18 à 74 ans) (ENNS 2006). Dans le Baromètre santé nutrition 2008 de l'INPES, 51,7% des hommes et 33,9% des femmes atteignaient ce niveau d'activité physique considéré comme favorable à la santé (pour une population de 15 à 74 ans). Dans cette même enquête, la moitié (50,6%) des personnes interrogées déclaraient pratiquer une activité physique modérée ou intense durant leurs loisirs, 57,7% au travail et 55,7% dans le cadre des déplacements (marche ou vélo). Quantitativement, le temps de pratique d'activité physique modérée ou intense au cours d'une semaine habituelle était en moyenne de 2 heures 19 minutes par jour comprenant 18 minutes d'activité physique de loisir, 20 minutes pour les déplacements et 1 heure 41 minutes pour le travail. Concernant la sédentarité, pour comparaison, la même étude donnait une moyenne de temps passé assis par jour de 4 heures 38 minutes.

On peut retenir de ces études qu'en France, environ la moitié des hommes et un tiers des femmes ont un niveau d'activité physique associé à un bénéfice substantiel pour la santé. Cette proportion semble diminuer avec l'âge et elle est plus importante dans les catégories socioprofessionnelles supérieures.

³ <https://sites.google.com/site/theipaq/>

⁴ http://www.who.int/chp/steps/GPAQ_FR.pdf

2. PREVALENCE EN EUROPE

L'Eurobaromètre est une série d'études menées par la Commission européenne. En 2013, un questionnaire a été posé à environ 1 000 personnes dans chacun des vingt-huit États membres, celui-ci portant sur les pratiques d'activité physique. Parmi les différents résultats, il est ressorti que 41% des Européens pratiquent au moins une activité physique par semaine, tandis que depuis l'Eurobaromètre précédent en 2009, la proportion de gens qui ne font aucune activité physique a augmenté de 3% (Eurobarometer 2013).

Les disparités de niveau d'activité physique entre hommes et femmes se retrouvent au niveau de l'Europe, mais surtout chez les 15-24 ans (74% de pratiquants réguliers d'au moins une activité physique chez les hommes, 55% chez les femmes), différence qui diminue avec l'âge, pour atteindre une quasi-similitude chez les 55+ ans (71% des femmes et 70% des hommes ne font pas ou très peu d'activité physique). Si on considère le fait de pratiquer une activité physique au moins une fois par semaine, on peut observer un gradient négatif de pratique d'activité physique du Nord vers le Sud. Le pourcentage est par exemple de 70% en Suède, 68% au Danemark, pour 64% au Portugal ou 60% en Italie. De plus, 69% des individus ont répondu passer entre 2,5 et 8,5 heures assis par jour, et 11% ont déclaré y passer plus de 8,5 heures par jour. Trois quarts des participants ont indiqué qu'ils n'étaient membres d'aucun club de sport, mais 76% sont d'accord pour dire qu'il existe des opportunités dans leur quartier pour être actif. La raison la plus rapportée pour commencer à faire du sport est son effet potentiel sur la santé (62%), suivie de la volonté de s'améliorer (40%), se relaxer (36%) ou s'amuser (30%). À l'inverse, la raison principale invoquée pour la non-pratique d'activité physique est le manque de temps (42%) ou de motivation (20%), les limitations de l'état physique (13%) ou encore le prix trop élevé (10%).

3. PREVALENCE DANS LE MONDE

Seule l'OMS a produit et diffusé des données sur l'activité physique au niveau mondial. Les indicateurs de l'OMS ne peuvent pas capter des niveaux d'activité physique ou de sédentarité (car souvent en deux classes), mais sont très intéressants pour comparer des populations entre elles. La prévalence de faible niveau d'activité physique (comme défini par l'OMS) pour les hommes et femmes adultes est présentée dans les Figure 2 et Figure 3. De ce rapport de

l’OMS⁵, il ressort que les hommes sont plus actifs que les femmes, et que si un individu sur cinq ne fait pas suffisamment d’activité physique chez les adultes les plus jeunes, ce taux monte à un individu sur deux pour les classes les plus âgées (toujours avec un gradient homme femme sur chaque continent) (WHO 2014). De même, comme observée en Europe pour le gradient Nord Sud, la Figure 4 montre un gradient sur la richesse, avec les pays les plus riches possédant une prévalence d’inactivité physique selon l’OMS plus forte comparés aux pays pauvres (avec un rapport moyen du simple au double). Ceci peut être expliqué, selon l’OMS, par des niveaux plus hauts d’activité physique dans les domaines du travail ou des transports dans ces pays (Guthold et al. 2011). De plus, l’augmentation des salaires, au-delà de la tertiarisation du travail, permet l’accès plus facile aux véhicules, à l’urbanisation et à l’industrialisation, qui sont autant de facteurs facilitant la sédentarisation (Bauman et al. 2012a, Pratt et al. 2012).

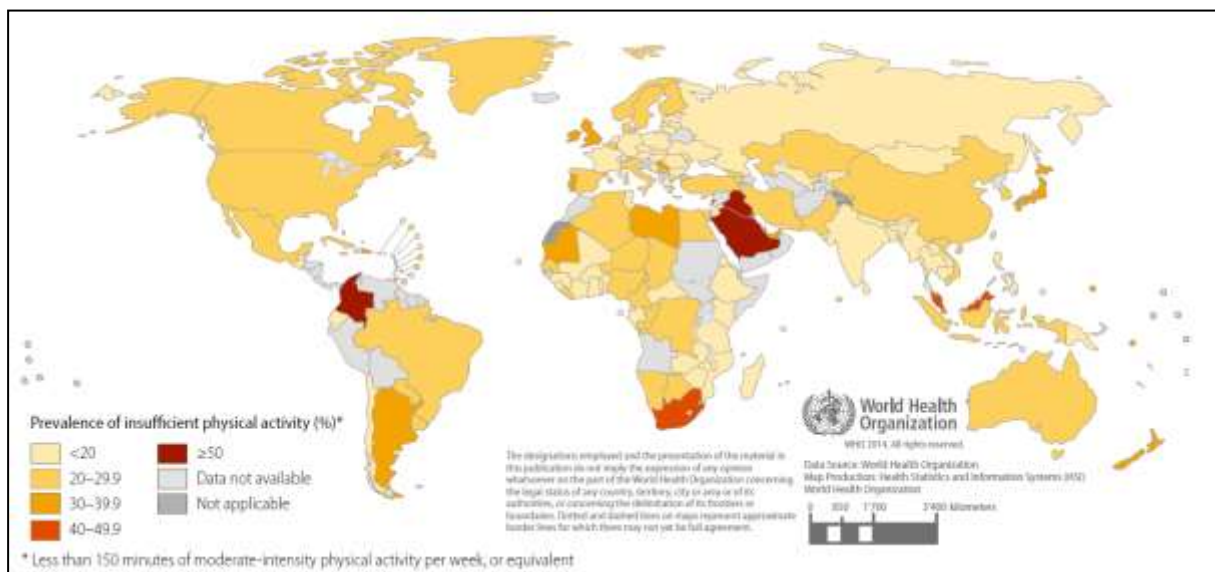


Figure 2 : Prévalence d’une activité physique insuffisante chez les hommes par pays en 2010 (source : OMS)

⁵ : http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/148114/1/9789241564854_eng.pdf

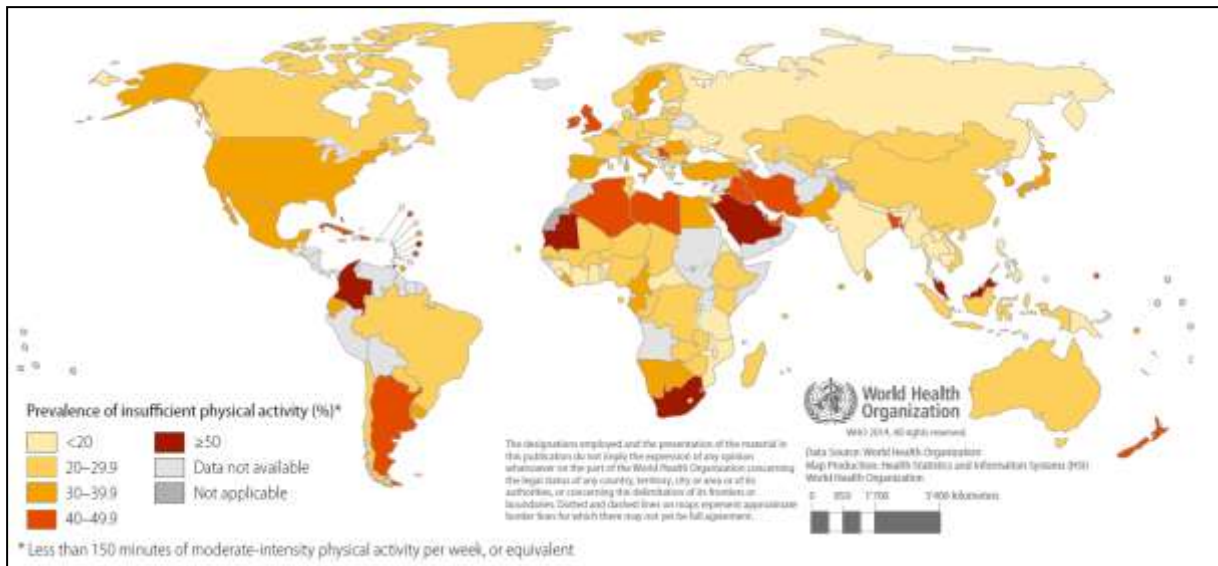


Figure 3 : Prévalence d'une activité physique insuffisante chez les femmes par pays en 2010 (source : OMS)

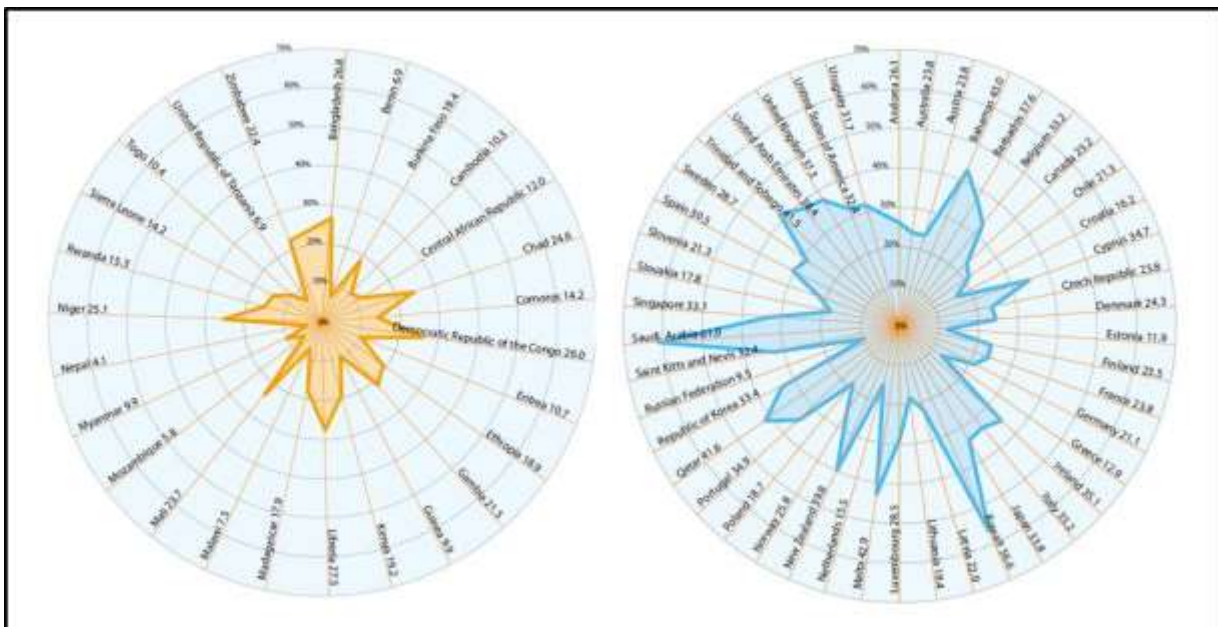


Figure 4 : Prévalence standardisée sur l'âge de la pratique insuffisante d'activité physique en 2010, chez des adultes d'au moins 18 ans, par pays, dans les pays les plus pauvres (gauche) et les plus riches (droite) (source : OMS)

4. QUELLES TENDANCES POUR L'AVENIR ?

L'industrialisation, l'urbanisation, et plus globalement la tertiarisation des pays font naturellement diminuer les niveaux d'activité physique. Si nous voulions résumer nos connaissances concernant le futur de notre activité physique et de notre sédentarité, au niveau mondial, il pourrait être dit au moins deux choses.

Premièrement, les évaluations de l'OMS mettent en évidence que la prévalence de l'inactivité dans la plupart des pays riches augmente, ce qui laisse supposer que sauf modifications importantes (de la part de la société ou de la santé publique), cette tendance va perdurer.

D'autre part, il existe au moins une étude qui, dans cinq pays (États-Unis, Royaume-Uni, Brésil, Chine et Inde), à partir de données passées et présentes d'activité physique et de sédentarité, a tenté de prédire ces niveaux (Ng and Popkin 2012). Plus précisément, à partir de données récoltées entre 1965 à 2009 (plages différentes selon les pays), des mesures d'activité physique et de sédentarité ont été agrégées en fonction des domaines, et en fonction du nombre d'incrémentations de données en fonction du temps, des prédictions pour les décennies à venir ont été effectuées, comme on peut le voir dans les Figure 5 et Figure 6.

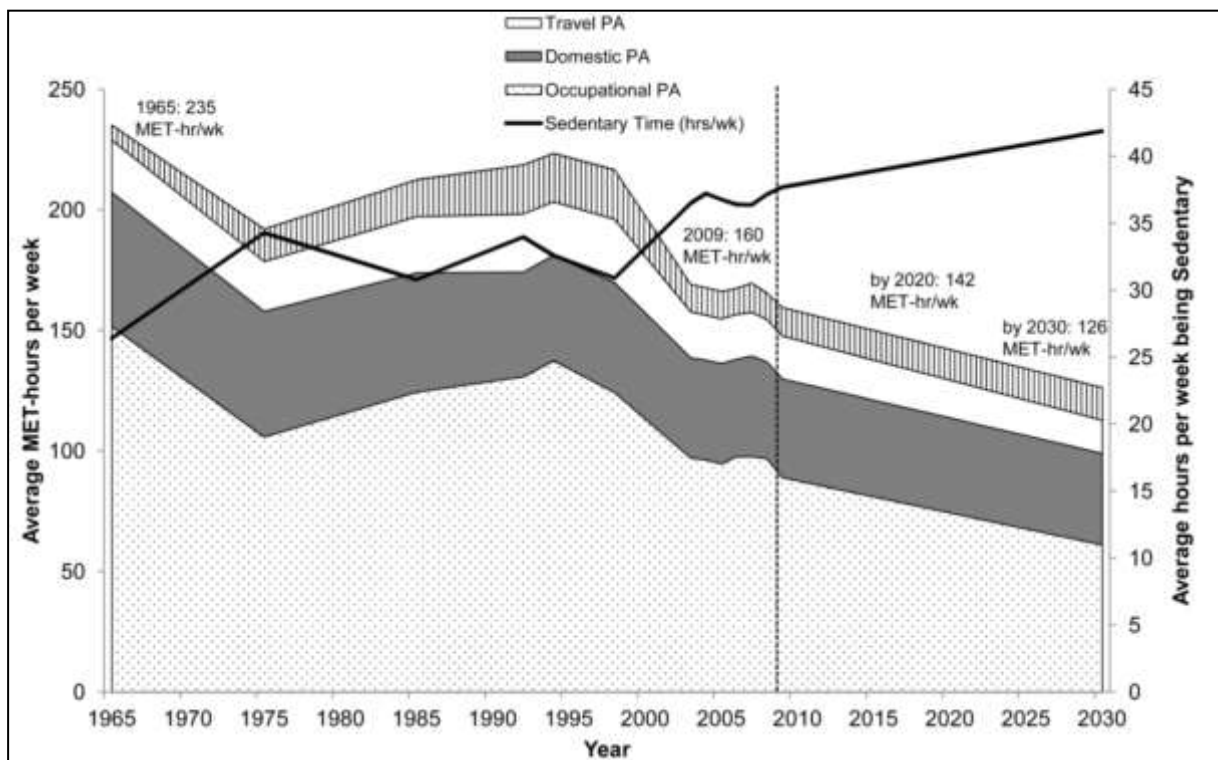


Figure 5 : Dépense énergétique en MET/h/sem. pour l'activité physique et en h/sem. pour la sédentarité chez les adultes citoyens des États-Unis, de 1965 à 2009, et prévision jusqu'en 2030

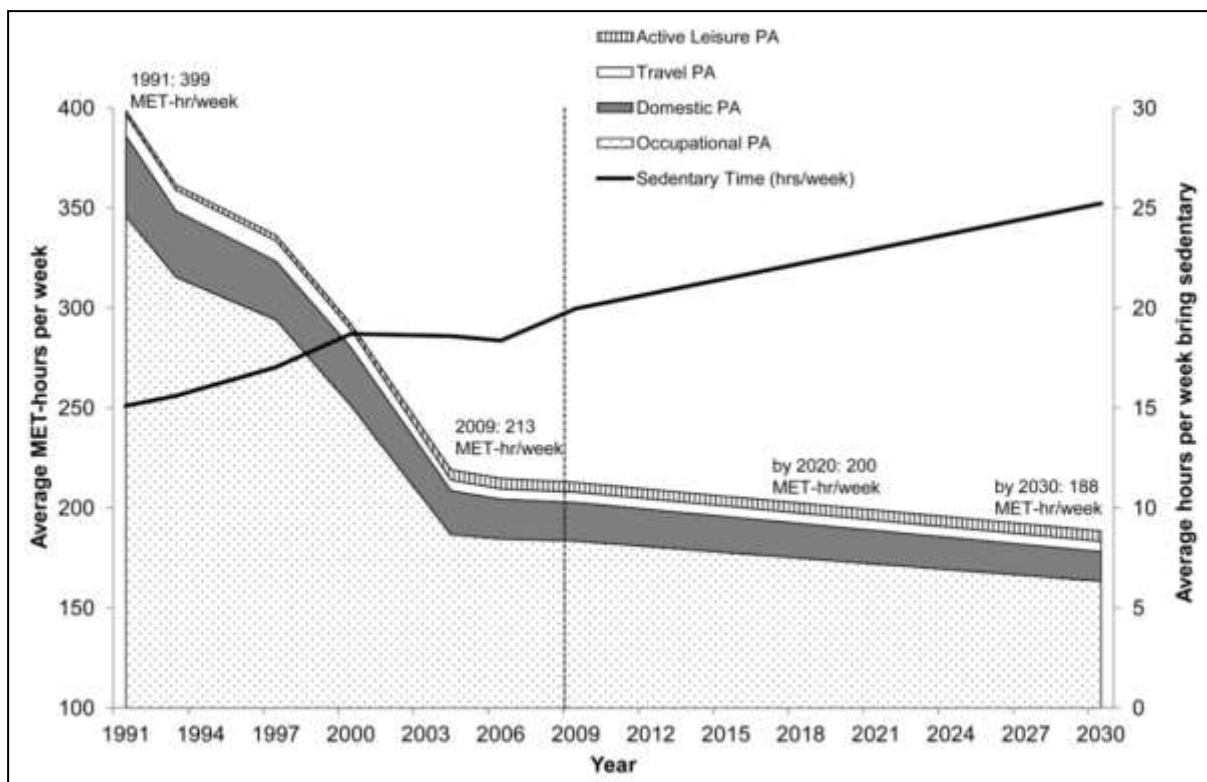


Figure 6 : Dépense énergétique en MET/h/sem. pour l'activité physique et en h/sem. pour la sédentarité chez les adultes Chinois, de 1991 à 2009, et prévision jusqu'en 2030

Des résultats de cette étude, les auteurs tirent plusieurs conclusions :

- L'activité physique diminue rapidement dans le monde, en particulier dans les pays émergents comme la Chine et le Brésil. Pour ces pays, la diminution d'activité physique et l'augmentation de la sédentarité ont été largement attribuables à la réduction de la dépense énergétique au travail, chez soi, et dans une moindre mesure dans les transports.
- En se basant sur les pentes d'activité physique et de sédentarité passées et présentes, la situation va continuer à « empirer » d'ici 2020 et 2030 dans tous les pays étudiés.

Bien que cette étude ait un certain nombre de limitations (données incomplètes, évaluation hétérogène dans le temps), elle a le mérite d'avoir réussi à mettre en commun diverses sources d'information et de proposer des tendances pour l'avenir.

IV. ASSOCIATIONS AVEC LA SANTE

- POURQUOI ETUDIER LES FACTEURS ASSOCIES A LA SANTE?

Un faisceau de preuves important sous-tend l'idée que l'activité physique sous sa forme globale est liée d'une manière bénéfique à divers événements de santé pour la population générale. Il existe aujourd'hui de nombreuses revues de la littérature et plusieurs expertises collectives (Aquatias et al. 2008, Dangardt et al. 2013, Milton, Macniven and Bauman 2014, PAGAC 2008, Powell, Paluch and Blair 2011). Cependant, la réalité scientifique des relations entre activité physique et santé est loin d'être aussi simple, et c'est pourquoi de nombreuses études continuent d'être publiées des années après la publication des recommandations de l'OMS. En particulier, au-delà de savoir si oui ou non une relation entre telle activité physique et tel événement de santé existe, la recherche s'attache aujourd'hui à quantifier précisément cette relation et d'étudier toutes les formes d'activité physique, telle que l'activité d'intensité faible, pour avoir le plus d'armes possibles dans la guerre contre l'inactivité.

Pour la sédentarité, nous avons dit précédemment que c'était un comportement à part entière, et non la non-pratique d'activité physique. Cependant, si cela est très probablement vrai au niveau des différentes relations avec des événements de santé (c'est-à-dire un effet non-inverse), cela ne l'est pas (encore) au niveau de la quantité de littérature sur le sujet. Il n'existe à l'heure actuelle par exemple pas d'équivalent au rapport américain de 2008 sur l'activité physique pour la sédentarité (PAGAC 2008).

- ÉPISODES ET SANTE

L'activité physique, contrairement à ce qui pourrait transparaître des recommandations OMS, n'a probablement pas, pour divers événements de santé, de limite minimum à l'obtention de bénéfices (Blair et al. 1992). De plus, on pourra observer que la forme des relations, même si celle-ci peut varier en fonction de l'événement de santé étudié et de sa voie métabolique correspondante, ressemble à celle présentée en Figure 7 (Hu et al. 2000, Manson et al. 1992, Paffenbarger, Wing and Hyde 1978). Ces différents effets en fonction de l'événement sont en faveur d'un gradient d'activité physique à remplir par semaine à la place d'une valeur seuil (valeur plus conservative pour englober tous les événements), gradient qui serait le plus important pour une pratique minimum d'activité physique.

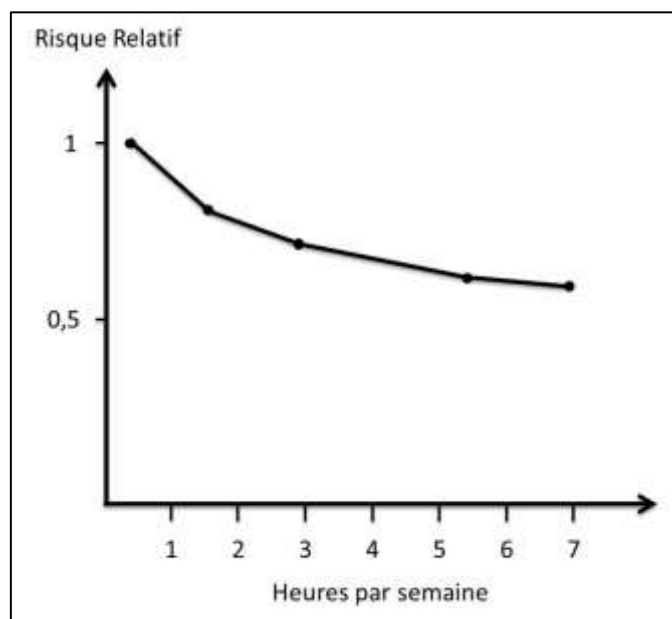


Figure 7 - Risque de mortalité associé au temps de pratique hebdomadaire d'activité physique ; adapté de (PAGAC 2008)

Pour la sédentarité, si de telles courbes n'existent pas encore, il est probable qu'elles apparaîtront dans quelques années. Aujourd'hui, une thématique spécifique sur les épisodes de sédentarité concerne la continuité de ces épisodes. En effet, les évaluations par accéléromètre ont les premières montrés que les relations délétères entre temps sédentaire et événements de santé étaient plus importantes pour les individus qui avaient expérimentés des épisodes de sédentarité ininterrompus comparés à ceux ayant fait de plus nombreuses pauses pour un temps cumulé de sédentarité équivalent (Healy et al. 2008). Ces résultats ont été montrés sur différentes populations d'adultes et sur différents événements de santé liés initialement aux comportements sédentaires (Cooper et al. 2012, Healy et al. 2011, Henson et al. 2013, Larsen et al. 2014, Swartz, Squires and Strath 2011). Ces données ont poussés l'inclusion de recommandations qui conseillent de faire des pauses régulières lors d'une période prolongée de sédentarité (Garber et al. 2011).

- EFFETS SUR LA MORTALITE

ACTIVITE PHYSIQUE

Le rapport du PAGAC a recensés en 2008 soixante-et-onze études prospectives indiquant une relation forte et inverse entre pratique de l'activité physique et mortalité (toute cause). Cette relation concerne les hommes et les femmes, aussi bien aux États-Unis qu'en Europe. Les individus actifs ont environs 30% en moins de risque de mortalité au cours du suivi comparés aux moins actifs (de 10 mois à 28 ans, pour une médiane de 11,7 ans). Ces résultats

proviennent d'un échantillon d'environ 800 000 individus (69% de femmes) pour environ 110 000 décès. La majorité de ces résultats proviennent d'études sur des adultes (40 ans ou plus), mais plus d'une quinzaine d'études sur des individus plus âgés (65 ans et plus) assurent aussi un bon niveau de preuve sur cette population (associations similaires dans ces études). L'ordre d'idée de ces valeurs est confirmé quelques années après le rapport du PAGAC par une revue de la littérature et méta-analyse de 2011 publiée dans l'International Journal of Epidemiology (Woodcock et al. 2011). Ces études restent en majorité observationnelles, et ne permettent pas de mettre en évidence une relation de cause à effet. Il existe cependant une force de l'association, et une plausibilité biologique. Il existe aussi certains biais qui viennent nuancer ces relations.

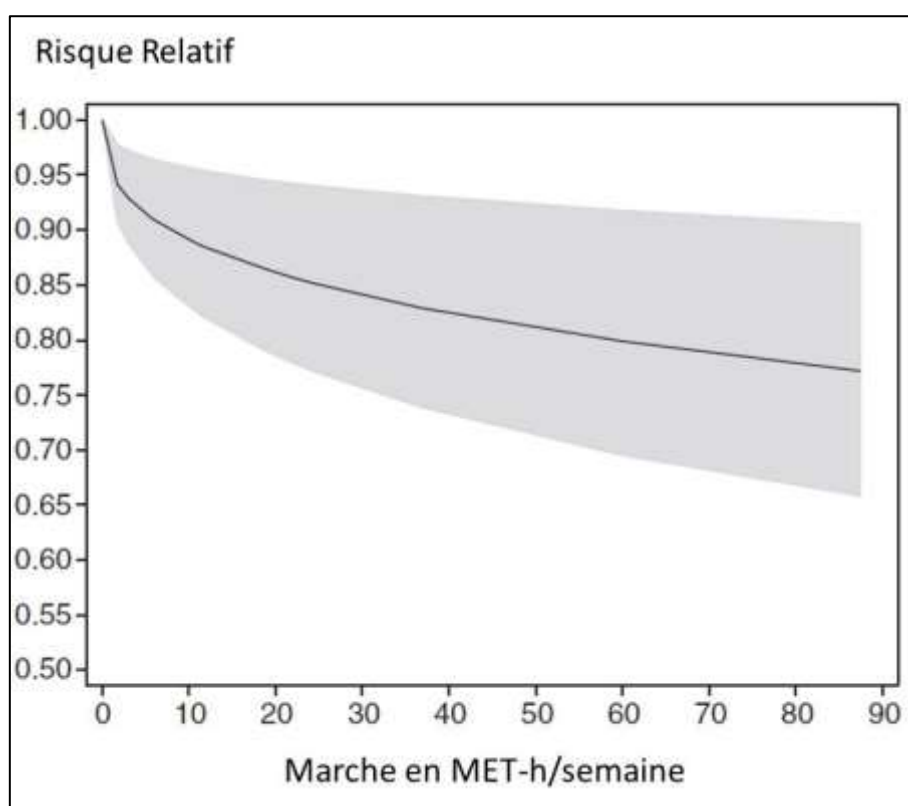
Premièrement, les individus qui tombent malades et qui vont mourir font peut-être moins d'activité physique en raison de la limitation induite par leur maladie (la très grande majorité des études prospectives ont inclus des personnes saines, mais le principe de ces cohortes est de suivre les gens jusqu'à la mort). Les études ayant inclus des personnes avec des maladies cardiovasculaires et des cancers ont quand même trouvé les relations entre activité physique et mortalité, même en ayant ajusté sur ces états.

Deuxièmement, il existe les biais de classification inhérents aux questionnaires auto-reportés, mais il n'y a pas d'assomption forte permettant de penser que cette mauvaise classification ne serait pas due au hasard et différentielle selon les différents niveaux d'activité physique. De plus, une étude ayant évalué l'activité physique par eau doublement marquée a elle aussi trouvé une relation inverse entre activité physique et mortalité (Manini et al. 2006).

Troisièmement, il est possible que la présence des perdus de vue au sein de ces cohortes ait atténué la force des relations observées (la mort pourrait bien l'expliquer). Cependant, l'utilisation presque systématique des registres nationaux sur la mortalité, qui sont généralement de bonne qualité et exhaustifs, limite ce biais.

Enfin, l'activité physique n'est généralement pas un comportement sain isolé. Il tend à être concomitant avec une alimentation favorable à la santé ou un niveau plus faible de facteurs de risques (tabagisme, consommation d'alcool). Cependant, les relations entre activité physique et mortalité ont persisté après ajustement sur ces principaux facteurs (qui incluaient l'âge, le sexe, l'éducation, l'origine, le tabagisme, la corpulence évaluée par l'indice de masse corporelle (IMC), la consommation d'alcool, l'alimentation, les antécédents médicaux personnels et familiaux, et la parité).

Récemment, un certain nombre d'études prospectives ont évalué la relation entre marche et mortalité pour plus de 250 000 individus et plus de 2 500 000 personnes-années (Besson et al. 2008, Fujita et al. 2004, Johnsen et al. 2013, Lee and Paffenbarger 2000, Matthews et al. 2007, Nagai et al. 2011, Rockhill et al. 2001, Sabia et al. 2014, Schnohr, Scharling and Jensen 2007, Smith et al. 2007, Wang et al. 2013). Comparées avec le fait de ne pas marcher (ou très peu), 2,5h de marche rapide par semaine (soit environ 11.25 MET-h/semaine) étaient associées avec un risque relatif (RR) de mortalité de 0,89 (intervalle de confiance (IC) à 95% [0,83 ; 0,96]). Pour les études qui ont donné un indicateur seulement pour la marche pour se rendre au travail, l'effet n'a pas été retrouvé. Des sept études prospectives qui ont donné une estimation de la relation entre pratique du vélo et mortalité, six études ont trouvé un effet significatif et bénéfique (Andersen et al. 2000, Andersen et al. 2011, Johnsen et al. 2013, Matthews et al. 2007, Sahlqvist et al. 2013, Schnohr et al. 2012), pour plus de 150 000 individus et environ 2 000 000 personnes-années. Les RR associés à la marche et au vélo sont présentés dans les revues de la littérature de Woodcock en 2011 sur la marche (Figure 8) et Kelly en 2014 pour le vélo (Figure 9) (Kelly et al. 2014b, Woodcock et al. 2011).



* : La zone en gris correspond à l'intervalle de confiance à 95%. Les données ont été ajustées par un modèle à effet aléatoire comprenant une log transformation de la quantité de MET-h/sem.

Figure 8 - Effet dose-réponse en MET-h/sem. de la relation entre marche et Risque Relatif de mortalité toute cause* adapté de (Woodcock et al. 2011)

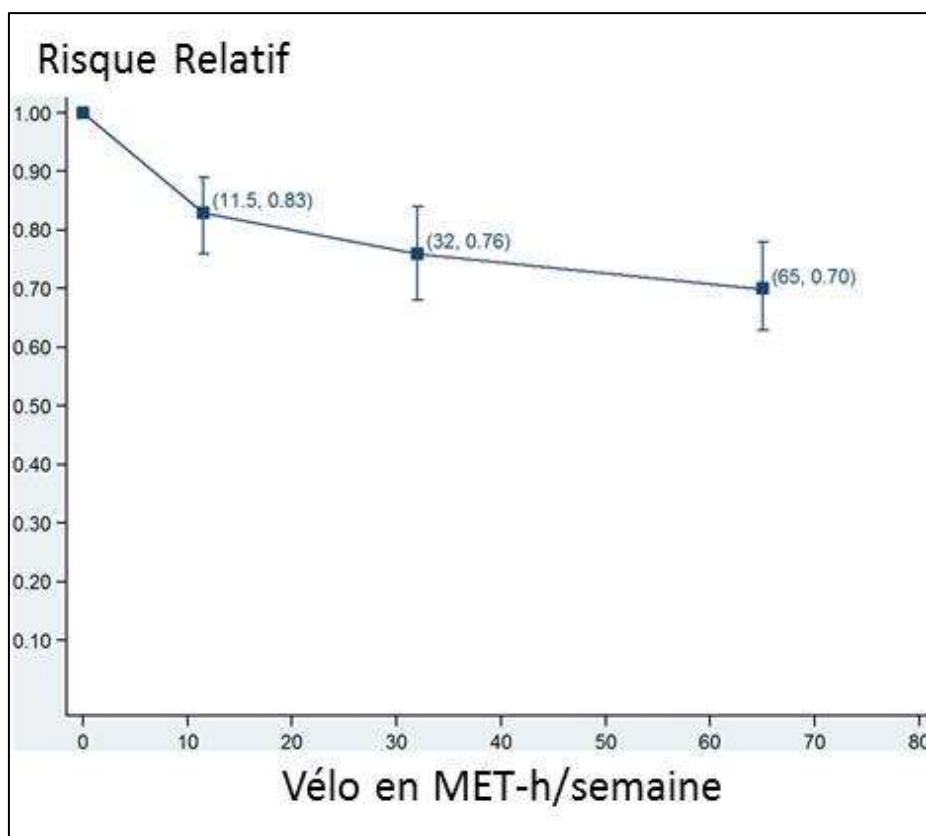
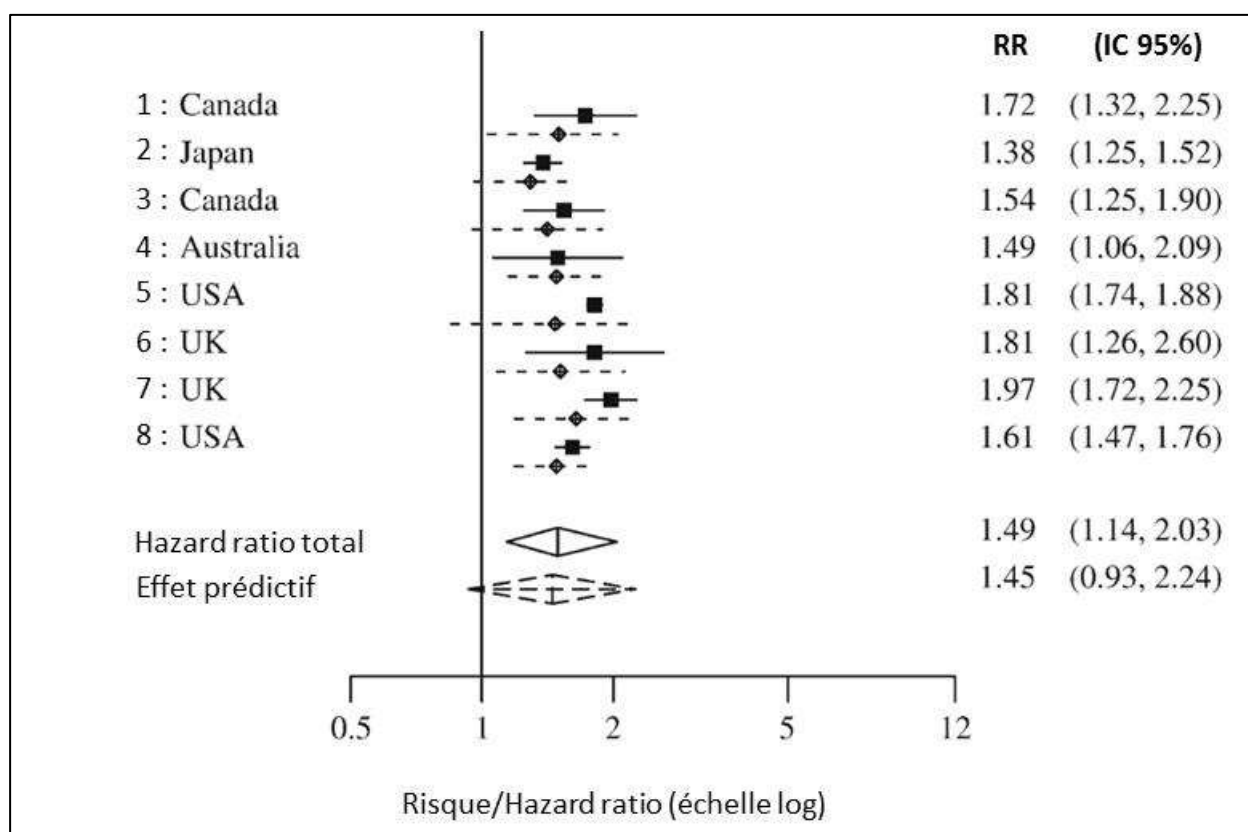


Figure 9 - Effet dose-réponse de la relation entre MET-h/sem. de vélo et Risque Relatif de mortalité toute cause adapté de (Kelly et al. 2014a)

SPECIFICITES DE LA SEDENTARITE

Entre 2009 et 2013, neuf études prospectives ont montré des relations entre sédentarité et mortalité précoce. Trois d'entre elles concernent les relations avec le temps passé assis (Katzmarzyk et al. 2009, Patel et al. 2010, van der Ploeg et al. 2012), quatre études sur la télévision et autres écrans (Dunstan et al. 2010, Ford 2012, Stamatakis, Hamer and Dunstan 2011, Wijndaele et al. 2011b), et deux études sur la télévision et d'autres comportements sédentaires (Matthews et al. 2012, Warren et al. 2010). Ces études montrent toutes des relations indépendantes entre comportements sédentaires et augmentation de la mortalité toute cause et/ou cardiovasculaire chez les hommes et chez les femmes (voir Figure 10) pour la mortalité toute cause. Ces relations ne semblent pas modérées (c'est-à-dire modifiées après ajustement dans un modèle multivarié) par le poids et les activités de loisir. Dans l'étude de Matthews et al. sur plus de 240 000 Américains de 50-71 ans, les adultes qui ont reporté plus de 7h par semaine d'activité physique de loisir intense (≥ 3 MET et < 6 MET) et plus de 7h par jour de télévision avaient un risque 50% plus grand de mortalité toute cause et un risque 100% plus grand de mortalité cardiovasculaire en comparaison des adultes faisant la même quantité d'activité physique de loisir, mais avec moins d'une heure de télévision par jour.

Aucune relation significative n'a été trouvée pour la mortalité par cancer (Dunstan et al. 2010, Katzmarzyk et al. 2009, Patel et al. 2010), excepté par Patel et al., qui trouvent une relation significative avec le temps passé auto-reporté seulement chez les femmes, indépendamment de l'IMC et de l'activité physique. En ne considérant que les études prospectives, le niveau de preuve de la relation entre comportement sédentaire et mortalité toute cause maladie cardiovasculaire est fort, et il existe peu de preuve pour la relation entre comportement sédentaire et mortalité par cancer.



* : Le groupe de référence correspond aux individus qui passent le moins de temps en activités sédentaires
 1 : (Weller and Corey 1998)– 2 : (Inoue et al. 2008)– 3 : (Katzmarzyk et al. 2009) – 4 : (Dunstan et al. 2010) - 5 : (Patel et al. 2010) – 6 : (Stamatakis et al. 2011)– 7 : (Wijndaele et al. 2011b)– 8 : (Matthews et al. 2012)

Figure 10 - Association entre temps sédentaire et mortalité toute cause*, adapté de (Wilmot et al. 2012)

- EFFETS SUR LE RISQUE CARDIOVASCULAIRE

ACTIVITE PHYSIQUE

Le rapport du PAGAC a montré à travers soixante études qu'il existait une relation forte et inverse entre la quantité habituelle d'activité physique et la morbidité/mortalité de/par maladie cardiovasculaire et coronarienne. Cette relation concerne les hommes et les femmes d'âge moyen ou plus âgés. Les individus moyennement ou très actif ont montré une diminution de 20% et 30% respectivement de maladie cardiovasculaire/coronarienne. Cependant, il est

probable que cette diminution du risque soit sous-estimée, puisque dans beaucoup de modèles un ajustement a été effectué sur l'hypertension, la dyslipidémie et la tolérance au glucose, qui sont eux-mêmes des médiateurs de la relation entre activité physique et maladie cardiovasculaire.

Chez les femmes, sur 350 000 individus, le RR médian de maladie cardiovasculaire était de 0,80, lorsque l'on compare les femmes faisant le plus d'activité physique d'intensité modérée par rapport à celles en faisant le moins (0,72 pour l'activité physique intense) (Shiroma and Lee 2010). Les résultats sont similaires chez les hommes, avec un RR médian d'avoir une maladie cardiovasculaire de 0,78 pour l'activité physique modérée (0,70 pour l'activité physique intense) (voir Figure 11).

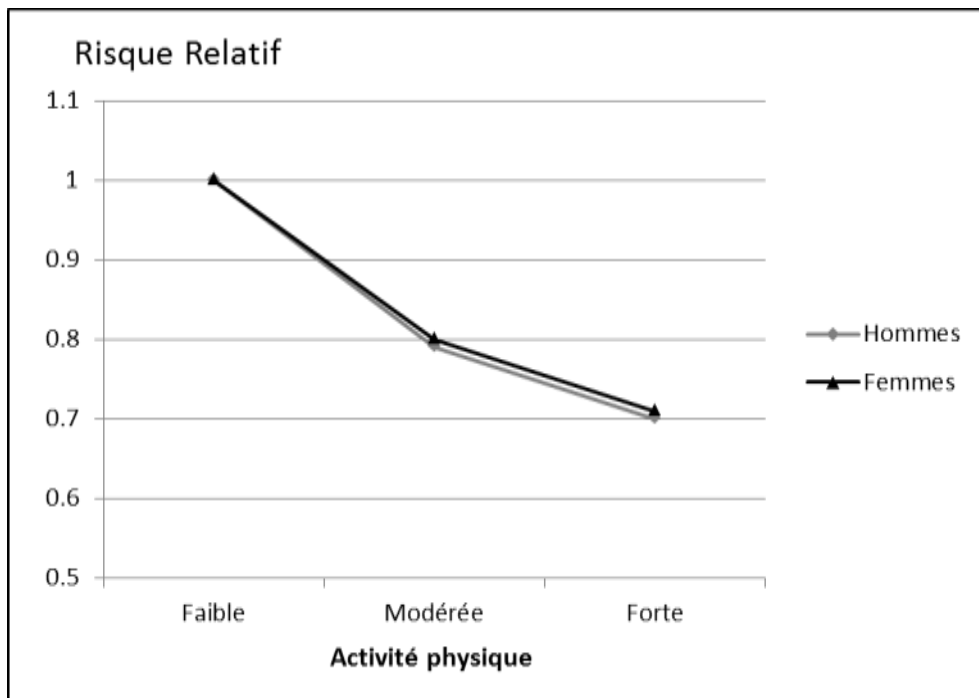


Figure 11 - Relation dose-réponse de la relation entre degré d'activité physique et risque relatif de d'événement de maladie cardio-vasculaire, adapté de (Shiroma and Lee 2010)

Les différences entre hommes et femmes sont assez difficiles à évaluer, en particulier à cause des niveaux d'activité physique différents. De plus, dans les rares études épidémiologiques qui distinguent pour une même population les hommes et les femmes, le nombre d'événements dans un groupe peut être faible (Folsom et al. 1997), et la distinction entre femmes avant ou après la ménopause est rarement faite.

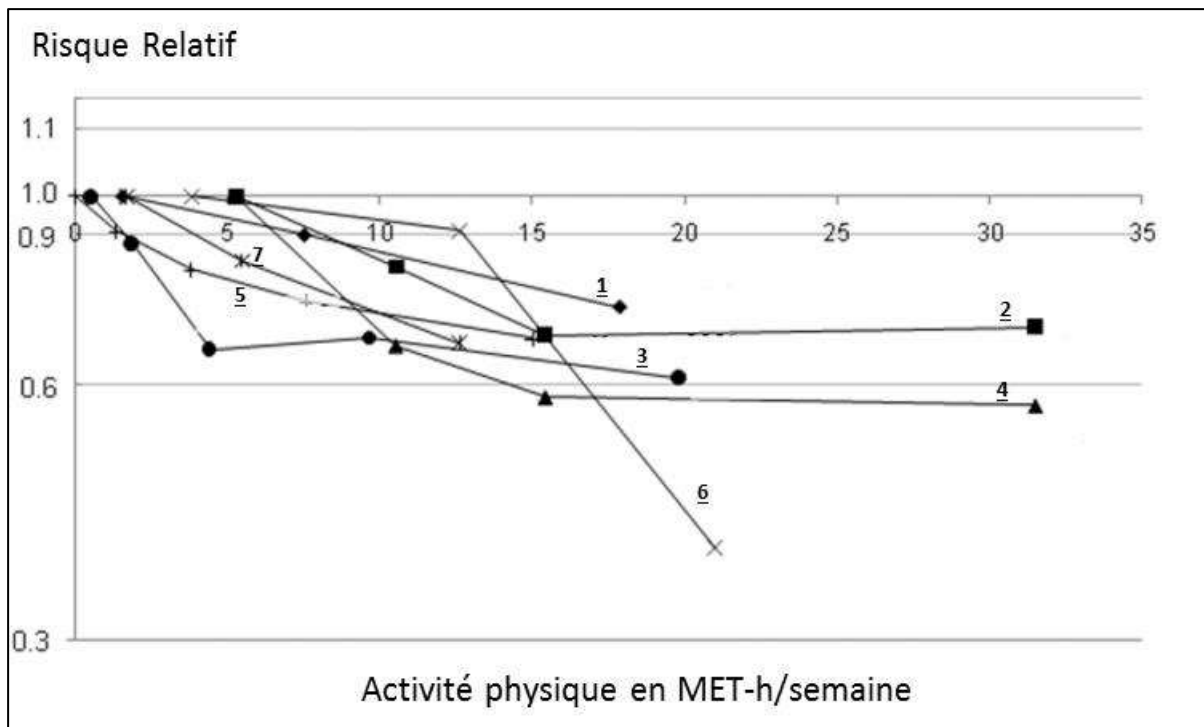
Dans une revue de la littérature récente ne prenant en compte que des études prospectives (650 000 personnes, 20 000 cas), le RR de maladie cardiovasculaire pour les hommes est actualisé à 0,76 (IC à 95% [0,70 ; 0,82]) pour les participants qui font le plus d'activité

physique de loisir par rapport à ceux qui en font le moins et 0,73 (IC à 95% [0,68 ; 0,78]) chez les femmes. L'association avec l'activité physique au travail est respectivement pour les hommes et les femmes de 0,89 (IC à 95% [0,82 ; 0,97]) et 0,83 (IC à 95% [0,67 ; 1,03]) (Li and Siegrist 2012).

SPECIFICITES DU TRANSPORT ACTIF

Des auteurs ont montré qu'il existait dans la littérature quinze études (jusqu'en 2008) évaluant les risques relatifs pour des événements cardiovasculaires en fonction du niveau de transport actif pour aller au travail avec une stratification sur le sexe (Hamer and Chida 2008). Ces résultats devraient être pris avec précaution, du fait du faible nombre de participants total (173 000 individus) et de la diversité des événements (huit différents). Le RR (d'une forte pratique contre une faible pratique) était de 0,91 (IC à 95% [0,80 ; 1,04]) pour les hommes et de 0,87 (IC à 95% [0,77 ; 0,98]) pour les femmes, pour un RR dans la population totale de 0,89 (IC à 95% [0,81 ; 0,98]).

Un an plus tard, Boone-Heinonen et al, dans une autre revue de la littérature, ont montré que vingt et une études (études prospectives et essais contrôlés randomisés majoritairement) avaient spécifiquement étudié les relations entre marche et événement cardiovasculaire fatal et non fatal (Boone-Heinonen et al. 2009). D'une manière générale, les auteurs ont trouvé une relation négative dose-dépendante des risques de maladie cardiovasculaire en relation avec temps passé à marcher (ou la distance, ou l'énergie dépensée) (voir Figure 12). Cependant, il apparaît aussi que la relation pouvait varier en fonction de l'événement cardiovasculaire étudié. L'étude rapporte une plage de risque relatif de 0,4 à 1,3 en fonction des études pour les maladies coronariennes, et de 0,4 à 0,9 pour les maladies cardiovasculaires. Considérant l'hétérogénéité des méthodologies, de la présentation des résultats et du faible nombre d'études, les résultats de cette étude sont à prendre avec précaution.



1 : (LaCroix et al. 1996) – 2/4 (Hommes/Femmes) : (Gregg et al. 2003) – 3 : (Manson et al. 2002) – 5/7 : (Sesso et al. 1999) – 6 : (Hakim et al. 1998)

Figure 12 - Relation dose-réponse entre degré d'activité physique et Risque Relatif de de maladie cardiovasculaire, adapté de (Boone-Heinonen et al. 2009)

SPECIFICITES DE LA SEDENTARITE

Il existe actuellement assez peu de travaux publiés ayant étudié les associations entre comportements sédentaires et événements cardiovasculaires (Dunstan et al. 2010, Ford 2012, Katzmarzyk et al. 2009, Manson et al. 2002, Matthews et al. 2012, Patel et al. 2010, Stamatakis et al. 2011, Warren et al. 2010, Wijndaele et al. 2011a). Parmi eux, Manson et al. ont suivi 73 743 femmes après la ménopause pendant près de six ans, et ont trouvé que celles passant plus de 16h par jour de temps sédentaires avaient un RR de 1,68 (IC à 95% [1,07 à 2,64]) d'avoir un événement cardiovasculaire ou coronarien comparées aux femmes qui y passaient moins de 4h par jour. Stamatakis et al. ont suivi pendant quatre ans 4 512 hommes et femmes, et ont montré que les participants passant plus de 4h par jour en temps devant un écran avaient un RR de 2,25 (IC à 95% [1,30 à 3,89]) d'avoir un événement cardiovasculaire comparés à ceux qui y passaient moins de 2h par jour.

Globalement, la majorité des études prospectives de temps passé devant un écran ou de temps passé assis ont montré que le temps sédentaire était associé avec une augmentation des risques de maladies cardiovasculaire fatales et non fatales, et ce avec un ajustement sur le niveau d'activité physique. Le RR moyen pour les études existantes et pour une augmentation de 2h par jour de temps sédentaire est de 1,17 (IC à 95% [1,13 ; 1,20]) (Ford and Caspersen 2012).

- EFFETS SUR LE RISQUE METABOLIQUE ET LE DIABETE

Le syndrome métabolique désigne l'association d'une série de problèmes de santé ayant en commun un mauvais métabolisme corporel. C'est un facteur de risque de diabète de type 2 et de maladie cardiovasculaire. Plutôt que de désigner le syndrome métabolique comme une maladie, on le considère comme un simple regroupement de facteurs de risque plus ou moins liés par une origine, des cibles métaboliques ou des mécanismes communs. Ces composants sont appelés des facteurs de risques cardiométaboliques. Selon l'International Diabetes Federation (IDF) (Alberti et al. 2009), ils regroupent un tour de taille excessif (≥ 94 cm chez les hommes et ≥ 80 cm chez les femmes), plus deux des quatre critères suivants : une tension systolique (≥ 130 mm Hg) et/ou diastolique (≥ 85 mm Hg) élevée ou l'utilisation de médicaments antihypertenseurs ; un taux sanguin élevé de triglycérides (≥ 1.7 mmol/l) ; une glycémie élevée ($\geq 5,6$ mmol/l) ou une prise de médicaments d'hypoglycémifiants ; et un taux élevé de cholestérol-HDL ($< 1,03$ mmol/l chez les hommes et $< 1,3$ mmol/l chez les femmes).

ACTIVITE PHYSIQUE

Le rapport du PAGAC a montré à partir des données de trente-six études qu'il existait une relation forte et inverse entre la quantité habituelle d'activité physique et le risque de syndrome métabolique (PAGAC 2008). La durée minimum d'activité physique modérée à effectuer par semaine pour prévenir le syndrome métabolique va de 120 à 180 min. Les résultats d'études au cours desquelles l'activité physique est évaluée subjectivement et objectivement donnent des résultats similaires. Une étude a montré que pour une même population, une évaluation objective de l'activité physique était associée plus fortement avec le syndrome métabolique que lorsque l'évaluation de l'activité physique était auto-reportée (Laaksonen et al. 2002). Cette relation concerne de la même manière les hommes et les femmes d'âge moyen ou plus élevé.

Une récente méta-analyse comportant seulement des études prospectives a montré un rapport de cote (OR) de 0,89 (IC à 95% [0,82 ; 0,96]) et de 0,58 (IC à 95% [0,38-0,89]) pour le risque d'avoir un syndrome métabolique lorsqu'on compare un niveau d'activité physique modéré ou intense avec un niveau d'activité physique faible (Huang and Liu 2014). Une autre méta-analyse récente, seulement sur l'activité physique de loisir, a aussi montré un effet bénéfique de l'activité physique sur le syndrome métabolique (RR activité physique modéré versus faible : 0,95 IC à 95% 0,91-1,00 ; RR activité physique intense versus faible : 0,80 IC à 95% [0,75 ; 0,85] (He et al. 2014).

L'activité physique est fortement recommandée pour prévenir le syndrome métabolique, mais aussi pour prévenir le diabète de type 2. Les quelques essais randomisés et certaines études observationnelles ont montré que la protection contre le diabète de type 2 était effective en faisant 150 minutes d'activité modérée par semaine (réduction de l'incidence de 25 à 58%) (Folsom, Kushi and Hong 2000, Halldin et al. 2007, Hamman et al. 2006, Hu and Manson 2003, Knowler et al. 2002, Laaksonen et al. 2005, Lindstrom et al. 2006). Il existe trop peu de preuves pour savoir si l'effet de prévention du diabète de type 2 par l'activité physique est identique chez les hommes et chez les femmes.

SPECIFICITES DU TRANSPORT ACTIF

Une récente revue de la littérature et méta-analyse a identifié trente-deux essais contrôlés randomisés mettant en relation la marche et des facteurs de risque de maladie cardiovasculaire (Murtagh et al. 2015). Celle-ci a mis en évidence une relation positive entre le groupe de traitement (0 : groupe contrôle, 1 : groupe avec exercices) et la capacité respiratoire (+3,04 ml/kg/min, IC à 95% [2,48 ; 3,60]), et une relation négative avec la tension artérielle systolique (-3,58 mmHg, IC à 95% [-5,19 ; -1,97]) et diastolique (TAD) (-1,54 mmHg, IC à 95% [-2,83 ; -0,26]) et le tour de taille (-1,51 cm, IC à 95% -2,34 to -0,68).

Concernant le diabète de type 2, une revue de la littérature de 2007 a recensé cinq études prospectives qui ont étudié le fait d'être sédentaire comparé à la pratique régulière d'activité physique. Les auteurs ont mis en avant un RR global pour cette relation de 0,69 (IC à 95% [0,58 ; 0,83]). Comparés aux non pratiquants, les participants marchant plus de 2,5h par semaine avaient un risque de survenue du diabète de type 2 de 0,70 (IC à 95% 0,58 ; 0,84). Ces valeurs sont similaires pour les hommes et les femmes, dans un contexte USA et Europe (Jeon et al. 2007)

SPECIFICITES DE LA SEDENTARITE

Quatre études prospectives ont étudié la relation entre les comportements sédentaires et l'incidence du diabète de type 2 (Ford et al. 2010, Hu et al. 2001, Hu et al. 2003, Stamatakis et al. 2011, Zhang et al. 2006) chez les hommes et les femmes. L'étude de Hu et al. de 2001 a montré une relation significative entre le temps passé devant la télévision et le diabète de type 2 parmi 37 918 hommes professionnels de santé (p de tendance=0,02) (Hu et al. 2001). En 2003, une étude du même auteur a montré sur une période six ans une relation significative entre différents comportements sédentaires et l'incidence du diabète de type 2 chez 68 497 femmes (Hu et al. 2003). Les auteurs rapportent que chaque augmentation de 2h/jour de

télévision et de 1h/jour de temps passé assis au travail étaient associées à une augmentation de 14% et 7% de risque de développer un diabète de type 2, respectivement, comparés à la catégorie correspondante la moins sédentaire. En ne considérant que les études prospectives, le niveau de preuve est modéré pour démontrer une relation significative entre comportement sédentaire et diabète de type 2.

Quatre études prospectives ont étudié les relations entre comportement sédentaire et facteurs de risque cardiométaboliques autres qu'anthropométriques (Beunza et al. 2007, Ekelund et al. 2009, Fung et al. 2000, Helmerhorst et al. 2009). Beunza et al. ont étudié différents comportements sédentaires, à savoir regarder la télévision, utiliser un ordinateur et conduire, et n'ont trouvé aucune relation significative entre comportements sédentaires auto-reportés et l'hypertension artérielle. L'étude de Fung et Al. a étudié les relations entre le temps passé par semaine devant la télévision et certains biomarqueurs des facteurs de risque cardiovasculaires, à savoir les niveaux plasmatiques de cholestérol total, de LDL, HDL, triglycérides, leptine, de fibrinogène, d'insuline, de peptides-C et d'HbA1c parmi des hommes professionnels de santé. Excepté pour la leptine, aucune relation significative n'a été trouvée. Les deux études restantes (Ekelund et al. 2009, Helmerhorst et al. 2009) ont examiné les relations entre les comportements sédentaires objectivement mesurés et l'insulinémie ou la résistance à l'insuline (caractérisée par le HOMA-IR⁶). Ces auteurs ont montré une association faible, avec l'insulinémie, et une absence d'association avec le modèle HOMA-IR. En ne considérant que les études prospectives, le niveau de preuve est insuffisant pour démontrer une relation significative entre le comportement sédentaire et les facteurs de risque cardiométaboliques non-anthropométriques.

Six études récentes transversales se sont intéressées aux relations entre sédentarité et facteurs de risque cardiométaboliques anthropométriques. Parmi elles, deux ont trouvé que le temps passé assis était associé à une augmentation du risque d'obésité abdominale chez les hommes et les femmes (Gardiner et al. 2011b, Gomez-Cabello et al. 2012). D'autres études ont mis en évidence des associations entre temps passé devant la télévision et tour de taille (ou rapport du tour de taille sur le tour de hanche) (Gao, Nelson and Tucker 2007, Gennuso et al. 2013, Stamatakis et al. 2012). Enfin, six études récentes ayant investigué les relations avec le statut de surpoids et d'obésité ont trouvé des relations significatives avec le temps objectif de sédentarité, le temps passé assis, devant la télévision ou dans les transports (Frank et al. 2010,

⁶ Homeostatic Model Assessment - Insulin Resistance

Gao et al. 2007, Gennuso et al. 2013, Gomez-Cabello et al. 2012, Inoue et al. 2012, Stamatakis et al. 2012).

- EFFETS SUR LA REGULATION PONDERALE ET LA COMPOSITION CORPORELLE

ACTIVITE PHYSIQUE

Le rapport du PAGAC sur trente-trois articles (vingt-quatre transversaux et neuf prospectifs) a montré qu'il existait une relation dose-réponse entre le niveau d'activité physique pratiqué et la perte de poids. D'un autre côté, les auteurs mettent en avant le fait qu'il existe peu de données sur les relations entre activité physique et stabilité du poids (Irwin et al. 2003, McTiernan et al. 2007, Slentz et al. 2005). De plus, ils indiquent que dans le cas où une activité physique est pratiquée dans le but de perdre du poids (au moins 5% de son poids total), il est nécessaire d'y associer un régime alimentaire adapté.

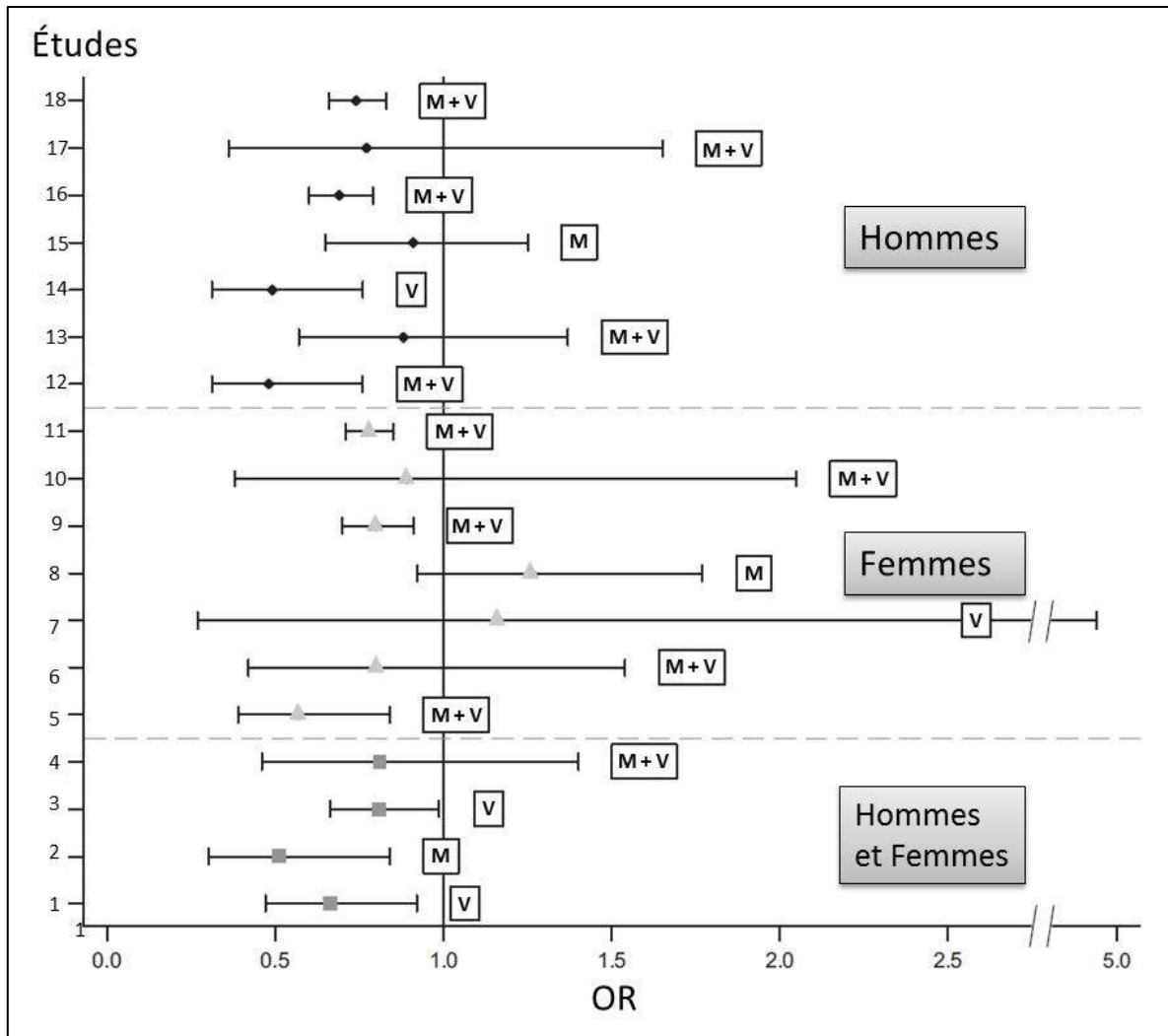
Si la relation entre activité physique et poids ne semble pas être différente entre les hommes et les femmes, les auteurs ont rapporté que les études épidémiologiques prospectives existantes tendaient à montrer que l'âge avançant, il fallait de plus en plus d'activité physique pour maintenir son poids stable (Di Pietro, Dziura and Blair 2004, DiPietro et al. 1998, Lewis et al. 1997, Williams and Wood 2006). Cette difficulté croissante à maintenir son poids par l'activité physique pourrait être due à des changements hormonaux, à une baisse des capacités physiques, ou à certains événements de vie comme le passage à la retraite impliquant une augmentation de la sédentarité.

SPECIFICITES DU TRANSPORT ACTIF

Plusieurs revues de la littérature ont étudié récemment les effets du transport actif sur l'anthropométrie (Grasser et al. 2013, Murtagh et al. 2015, Wanner et al. 2012). Dans la revue de la littérature de Wanner et al. (études transversales), vingt-cinq des trente études citées ont montré une relation inverse entre transport actif et poids, trois études n'ont pas trouvé de relation, et deux ont trouvé une relation plutôt positive (voir Figure 13).

Une récente revue de la littérature et méta-analyse a identifié onze essais contrôlés randomisés mettant en relation la marche avec le tour de taille (574 patients), vingt-cinq avec le poids (1 275 patients) et quatorze avec le pourcentage de masse grasse (719 patients). Ceux-ci ont trouvé une relation négative entre le groupe de traitement (0 : groupe contrôle, 1 : groupe avec

exercices), et le tour de taille (-1,51 cm, IC à 95% [-2,34 ; -0,58]), le poids (-1,37 kg, IC à 95% [-1,75 ; -1,00]) et le pourcentage de masse grasse (-1,54 mm Hg, IC à 95% [-2,83 ; -0,26]) et le tour de taille (-1,22%, IC à 95% [-1,70 ; -0,73]) (Murtagh et al. 2015).



M : marche – V : Vélo – 18 : (Barengo et al. 2006) – 17 : (Barnekow-Bergkvist et al. 1998) – 16 : (Lindstrom 2008) – 14/15 : (Wen and Rissel 2008) – 13 : (Hu et al. 2002b) – 12 : (Hu et al. 2002a) – 11 : (Barengo et al. 2006) – 10 : (Barnekow-Bergkvist et al. 1998) – 9 : (Lindstrom 2008) – 7/8 : (Wen and Rissel 2008) – 6 : (Hu et al. 2002b) – 5 : (Hu et al. 2002a) – 4 : (Barnekow-Bergkvist et al. 1998) – 3 : (Becker and Zimmermann-Stenzel 2009) – 2 : (Frank et al. 2010) – 1 : (Titze et al. 2008)

Figure 13 - Résumé des ORs d'études rapportant une association entre transport actif et surpoids ou obésité (BMI≥25), adapté de (Wanner et al. 2012)

La revue de la littérature et méta-analyse sur des essais contrôlés randomisés de Murtagh et al. se focalise quant à elle sur la marche plutôt que sur le transport actif en général. L'étude montre que pour onze études, le groupe qui pratiquait de la marche avait un tour de taille inférieur de 1,51 cm (IC à 95% [0,68 ; 2,31]) à celui qui n'en pratiquait pas, un poids inférieur de 1,37 kg (IC à 95% [1,00 ; 1,75]) (vingt-cinq études), et un pourcentage de masse grasse inférieur de 1,22% (IC à 95% [0,73 ; 1,70]) (quatorze études).

Trois revues de la littérature ont étudié les relations entre la sédentarité et l'obésité ou le poids chez les adultes (Proper et al. 2011, Thorp et al. 2011, van Uffelen et al. 2010). Ces revues ont inclus majoritairement des études prospectives. D'une manière générale, la relation potentielle entre sédentarité et effet obsogénique n'est pas soutenue par les études observationnelles. Thorp et al. ont montré peu de preuve de la relation longitudinale entre sédentarité et poids/obésité. La même conclusion a été montrée dans la revue de la littérature de Proper et al., et enfin, pour celle de van Uffelen et al., particulière au temps sédentaire au travail, « les études prospectives ont échoué à confirmer une relation causale » (citation traduite).

Néanmoins, quelques travaux ont montré en prospectif des relations entre sédentarité et tour de taille (valeurs auto-mesurées). En 2003, Koh-Banerjee et al., sur une période de six ans, ont trouvé une relation significative entre une augmentation de 20 heures par semaine de télévision et une augmentation de 0,30 cm du tour de taille ($p=0,02$) (Koh-Banerjee et al. 2003). De même, Wijndaele et al., sur une période similaire, ont trouvé que le changement de tour de taille était aussi relié à une augmentation du temps passé devant la télévision (pour +10h de changement de télévision par semaine, $\beta=0,43$ IC à 95% [0,08 ; 0,78]) (Wijndaele et al. 2010).

- EFFETS SUR LE SOMMEIL

ACTIVITE PHYSIQUE

De nombreuses études ont évalué les relations entre activité physique et sommeil, mais il n'existait jusqu'à récemment aucune revue de la littérature sur le sujet. Le PAGAC a commencé à répondre à certaines questions en 2008 en montrant que des études qui avaient mis en évidence que la pratique d'activité physique était associée à une meilleure qualité de sommeil, cette relation n'étant néanmoins visible que dans des études transversales (PAGAC 2008). Le rapport a mentionné que les niveaux d'activité physique élevés étaient associés à une meilleure qualité du sommeil et étaient une composante importante d'une bonne hygiène du sommeil. Une méta-analyse récente a examiné les effets de l'exercice aigu et régulier sur le sommeil, incorporant une gamme de variables et de modérateurs. Plus de soixante études ont été incluses dans l'analyse (Kredlow et al. 2015). Celle-ci révèle que l'exercice aigu a de petits effets bénéfiques sur la durée totale du sommeil, le temps avant de s'endormir ou l'efficacité

du sommeil. L'exercice régulier a quant à lui un effet positif et modéré sur l'efficacité et le temps du sommeil.

Récemment, la pratique d'activité physique a été négativement associée à un risque d'interruption du sommeil (OR = 0,73 IC à 95% 0,66 ; 0,81) et dans une moindre mesure au risque d'apnée du sommeil (OR 0,68 à 95% [0,51 ; 0,91]), contre un faible niveau d'activité physique (Quan et al. 2007).

SPECIFICITES DU TRANSPORT ACTIF

Il n'existe que très peu de publications associant spécifiquement la marche ou le vélo avec des événements liés au sommeil. Cependant, les quelques études existantes montrent des effets qualitatifs similaires à l'activité physique générale (Chiu et al. 2015, Kim et al. 2014, Verwimp, Ameeye and Bruyneel 2013).

SPECIFICITES DE LA SEDENTARITE

Bien que sur des populations d'enfants et adolescents il existe de nombreuses études qui indiquent que la sédentarité, en particulier le temps passé devant un écran, a un effet délétère sur les événements du sommeil (Bartel, Gradisar and Williamson 2015, Hale and Guan 2015), il existe moins de preuves chez l'adulte. Dans une récente étude sur 1 674 individus de la cohorte NHANES (National Health and Nutrition Examination Survey), Vallance et al. ont montré que le temps sédentaire total et objectif (par accéléromètre) n'était pas associé à divers événements liés au sommeil, alors que la comparaison des plus sédentaires contre les moins sédentaires a montré une association délétère avec les troubles pour s'endormir et le réveil pendant la nuit (Vallance et al. 2015). Sur la même cohorte, deux autres études n'ont pas montré d'association avec le temps de sommeil (McClain et al. 2014, Saleh and Janssen 2014) tandis que dans la cohorte américaine ATUS (Analysis of the American Time Use Survey) sur plus de 23 000 sujets Basner et al. ont montré que diverses activités impliquant des écrans étaient associées à un temps de sommeil plus court (Basner et al. 2007).

V. AUTRES FACTEURS ASSOCIES

- POURQUOI ETUDIER LES AUTRES FACTEURS ASSOCIES?

Bien que l'on développe sans cesse de nouvelles stratégies pour augmenter l'activité physique des individus (Heath et al. 2012), les effets à long terme de ces stratégies restent limités (Russ et al. 2015). Ajoutée à la diminution des niveaux d'activité physique dans le monde au même rythme que l'augmentation de l'inactivité (Dumith et al. 2011, Ng and Popkin 2012), s'est posée dans la dernière décennie la question de la nécessité d'une compréhension plus poussée, plus fine, des déterminants de la pratique de l'activité physique et de la sédentarité. Dans cette optique, en vue d'une amélioration de la qualité des interventions et politiques publiques, les chercheurs se sont penchés tour à tour sur différents aspects de sa pratique, faisant intervenir diverses spécialités : aspects économiques, sociologiques, psychologiques ou encore géographiques. L'étude du « pourquoi » de la pratique de nos activités est devenue un sujet d'importance, avec notamment la publication récente d'une revue de revue de la littérature dix ans à peine après l'émergence de cette problématique (Bauman et al. 2012b).

Nous nous attacherons dans cette partie à avoir une vue d'ensemble, sur l'état de la connaissance de chacun des différents domaines qui peuvent être des facteurs associés/déterminants de l'activité physique/sédentarité, qui rentrent dans le cadre de notre étude, pour les populations adultes, et sur les informations qui existent actuellement concernant plus spécifiquement le transport actif.

1. FACTEURS INDIVIDUELS

L'âge est considéré comme un facteur associé négativement à l'activité physique dans plusieurs revues de la littérature (Kaewthummanukul and Brown 2006, Rhodes et al. 1999, Trost et al. 2002b) (sur une majorité d'études transversales), tandis qu'il peut dans d'autres ne pas y être associé (Koeneman et al. 2011, Plonczynski 2003, van Stralen et al. 2009) (sur une majorité d'études longitudinales). En particulier pour la retraite, une revue de la littérature de 2012 de Barnett et al. a montré que, sur un ensemble de onze études prospectives, les activités physiques de loisir et les exercices physiques augmentent après le passage à la retraite, alors que les résultats concernant l'activité physique totale étaient inconsistants, comme le montre la Figure 14 tirée de cette revue (Barnett, van Sluijs and Ogilvie 2012b).

L'éducation ne semble pas être liée au niveau d'activité physique (Bauman et al. 2012b), tandis que le niveau de revenus (Plonczynski 2003, Trost et al. 2002b), le fait d'être un homme (Rhodes et al. 1999, Trost et al. 2002b), ou la perception de sa santé (Plonczynski 2003, Rhodes et al. 1999, Trost et al. 2002b) semblent y être positivement liés.

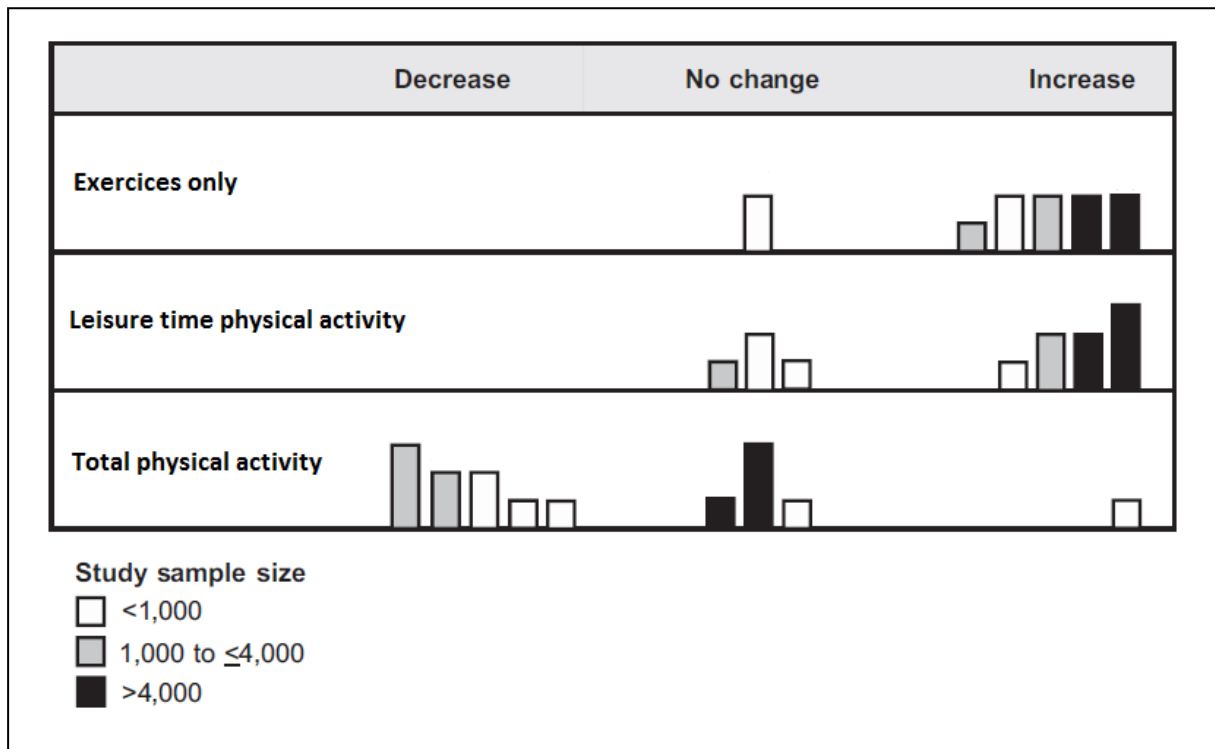


Figure 14 - Associations entre activité physique et retraite – Adapté de (Barnett et al. 2012b)

SPECIFICITES DU TRANSPORT ACTIF

Il n'existe pas actuellement de revue de la littérature résumant les relations entre marche, vélo et facteurs individuels. Dans les études existantes, l'âge est considéré comme étant inversement associé à la pratique de la marche et au vélo (Bopp, Kaczynski and Campbell 2013, Lavery et al. 2013, Ogilvie and Goodman 2012, Sahlqvist et al. 2013), bien que certaines études ne retrouvent pas cette association (de Bruijn et al. 2009, Hearst et al. 2013, Zwald et al. 2014). Il n'a été trouvé aucune étude mettant en relation tout ou partie du transport actif avec des événements de vie tels que le passage à la retraite.

Plusieurs études ont montré que le niveau d'éducation influait positivement sur le niveau de pratique du vélo (Panter et al. 2011a, Sahlqvist and Heesch 2012) tandis que d'autres ne l'ont pas mis en évidence (Butler, Orpana and Wiens 2007, Sahlqvist et al. 2013) ; cette relation est moins nuancée pour la marche, puisqu'aucune étude ne trouve de relation (Butler et al. 2007, Hearst et al. 2013, Lavery et al. 2013, Sahlqvist et al. 2013). Concernant les revenus, la majorité des études ne trouvent pas de relation pour la marche (Bopp et al. 2013, Oliver,

Schuurman and Hall 2007, Turrell et al. 2014, Zwald et al. 2014), tandis que pour le vélo la relation peut être négative (Bopp et al. 2013, Butler et al. 2007) ou positive (Heesch, Giles-Corti and Turrell 2014). Les femmes font moins de vélo (Ogilvie and Goodman 2012, Sahlqvist et al. 2013, Sahlqvist and Heesch 2012), mais font aussi plus de marche (Lavery et al. 2013, Panter et al. 2011a, Panter et al. 2011b).

Il semble aussi que le fait de pratiquer de la marche et du vélo soit lié à une meilleure perception de sa santé (Heesch et al. 2014, Humphreys, Goodman and Ogilvie 2013).

SPECIFICITES DE LA SEDENTARITE

L'âge a été positivement associé au temps passé devant la télévision dans de nombreuses études (Buckworth and Nigg 2004, Crawford, Jeffery and French 1999, Ekelund et al. 2008, Hamer, Stamatakis and Mishra 2010, Kronenberg et al. 2000, McCreary and Sadava 1999, Tucker and Friedman 1989, Wijndaele et al. 2009), tandis que c'est une relation inverse qui a été trouvée pour le temps passé devant un ordinateur (Rhodes, Mark and Temmel 2012), et qu'aucune relation n'a été trouvée avec la lecture de même qu'avec le temps assis en général. Plus spécifiquement, plusieurs études ont regardé l'effet du passage à la retraite sur les comportements sédentaires. Parmi elles, plusieurs ont montré que le passage à la retraite était lié à une augmentation du temps passé devant la télévision, et dans une moindre mesure (du niveau de preuve) la lecture (Barnett et al. 2013b, Bossé and Ekerdt 1981, Kremer and Harpaz 1982, Long 1987, Rosenkoetter, Gams and Engdahl 2001).

L'éducation a été négativement associée au temps passé devant la télévision dans plus de dix études (Rhodes et al. 2012), tandis que pour quatre études ce lien avec l'ordinateur est positif et que le temps total passé assis ne semble pas, lui, y être lié (Rhodes et al. 2012). Cependant, une récente étude sur un large échantillon d'adultes a rapporté une relation positive pour le temps total assis et le temps d'ordinateur, et une relation négative avec la télévision et le temps passé assis à conduire (Stamatakis et al. 2014).

Les revenus ont été associés dans de nombreuses études à un temps passé devant la télévision plus bas (Rhodes et al. 2012), tandis que les quelques études qui ont regardé les revenus en relation avec le temps d'ordinateur n'ont pas trouvé de résultats significatifs (Rhodes et al. 2012).

Le sexe ne semble pas être associé au temps passé devant la télévision, tandis qu'environ la moitié des études sur le sujet indiquent que les hommes passent significativement plus de temps devant un ordinateur que les femmes (Rhodes et al. 2012).

Environ un tiers des études sur le sujet montrent que le fait d'être marié est associé avec plus de temps passé devant la télévision, tandis qu'un autre tiers trouve plutôt cette relation avec le fait d'être célibataire, et les études restantes sont peu concluantes (Rhodes et al. 2012). Par contre, dans les quelques études existantes, il semblerait que le fait d'avoir des enfants soit associé avec un temps sédentaire plus faible comparé au fait de ne pas en avoir (Rhodes et al. 2012).

2. FACTEURS PSYCHOSOCIAUX

Il semble qu'à travers les différents modèles théoriques qui peuvent expliquer pourquoi un individu pratique ou non une certaine activité physique (Ajzen 2011, Bagozzi 1990, Schwartz 1977, Triandis 1977), il n'existe finalement que peu de facteurs psychologiques associés dont la relation ait été montrée d'une manière répétée. Dans le prisme des comportements individuels, comprenant le savoir, l'expérience et les sentiments, on observe que la capacité à se motiver soi-même (dans ce champs d'étude, l'auto-motivation rentre dans la même catégorie que l'estimation de la difficulté) est positivement associée à la pratique d'activité physique (Kaewthummanukul and Brown 2006, Plonczynski 2003, Rhodes et al. 1999, Trost et al. 2002b, van Stralen et al. 2009), de même qu'en avoir l'intention (Rhodes et al. 1999, Trost et al. 2002b, van Stralen et al. 2009).

SPECIFICITES DU TRANSPORT ACTIF

La théorie du comportement planifié (Ajzen 2011) est la plus utilisée lorsque l'on s'intéresse aux facteurs associés au transport actif ; son postulat est que le sentiment envers une activité, la perception de sa capacité à pouvoir la faire et la norme subjective sociétale qui lui est portée vont déterminer l'intention individuelle.

Pourtant, il se trouve que s'il peut exister une relation positive entre ce que pensent des individus de la pratique du vélo et leur pratique effective (Handy, Cao and Mokhtarian 2006, Titze et al. 2007), certaines études ne retrouvent pas cette relation pour la marche ou le vélo de transport (Ball et al. 2007, Titze et al. 2008). La perception des barrières liées à la marche n'a pas été associée négativement à sa pratique (Ball et al. 2007) mais l'a été pour la pratique du vélo dans plusieurs populations européennes (de Geus et al. 2008, Titze et al. 2007, Titze et al. 2008).

Si la théorie du comportement planifié sous-tend la notion de coût et de bénéfice pour pratiquer une activité, plusieurs auteurs, à travers une autre théorie (Triandis 1977), émettent l'hypothèse que les conditions principales de pratique se situent dans les habitudes

antécédentes de ladite pratique et des conditions qui peuvent la faciliter. Concrètement, même si ce n'est pas la théorie principale étudiée aujourd'hui concernant les facteurs psychosociaux liés au transport actif, il existe plusieurs études qui l'ont incorporée (Bamberg, Ajzen and Schmidt 2003, Rothengatter and Huguenin 2004, Verplanken et al. 1998), montrant en particulier que les personnes qui avaient de fortes habitudes de transport préexistantes étaient moins à même de changer leur attitude à travers une intervention (de Bruijn et al. 2009, Verplanken et al. 1998).

Il est cependant à noter que les particularités de définition entre les différentes théories peuvent induire des différences entre des concepts similaires mais non identiques ; il existe trop peu d'études aujourd'hui permettant de soutenir des conclusions avec un fort niveau de preuve.

SPECIFICITES DE LA SEDENTARITE

Quelques études ont regardé spécifiquement les relations entre l'attitude et les comportements sédentaires. Parmi elles, plusieurs ont utilisé la théorie du comportement planifié, comme explicité précédemment, et ont montré une relation positive entre ses composants (perception de l'activité, capacité à pouvoir la faire et norme sociale) avec le temps passé devant la télévision ou l'ordinateur (Rhodes et al. 2012).

Il a aussi été montré par une étude que la perception des barrières à l'activité physique (comme le coût ou les conditions météorologiques) était positivement associée aux comportements sédentaires (Salmon et al. 2003).

Cependant, même si certaines études montrent des relations, il existe aujourd'hui un niveau de preuve trop insuffisant pour tirer des conclusions sur les relations qui associent comportements sédentaires et facteurs psychosociaux.

3. FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX

Dans la définition de l'activité physique et de la sédentarité, il est fait état du contexte dans lequel a lieu la pratique de l'activité physique. Le contexte, tant physique (environnement bâti) que perçu (perception de son environnement) influence nos pratiques. Disciplines compartimentées jusqu'à récemment, l'épidémiologie et les SIG sont aujourd'hui utilisés pour mettre en relation des données individuelles et souvent subjectives (telles que les pratiques évaluées par questionnaire auto-administré) et des données objectives issues de SIG. Comportement en partie associé à la manière de se déplacer (et impliquant donc la présence

des SIG), l'activité physique et ses relations avec divers aspects de l'environnement (résumés dans la Figure 15) est une thématique de recherche de plus en plus étudiée.

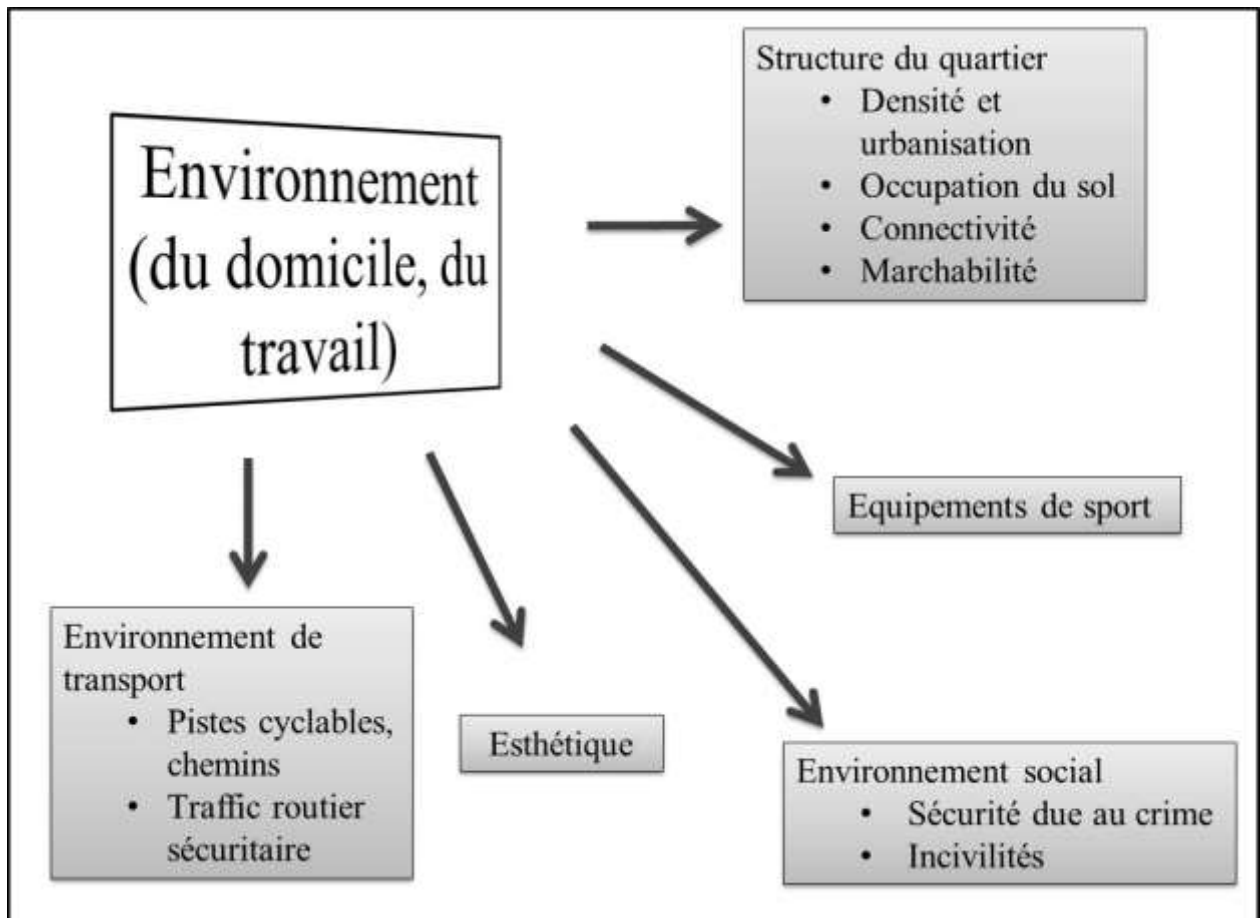


Figure 15 – Schématisation des composantes des facteurs environnementaux

ACTIVITE PHYSIQUE

L'activité physique globale n'a pas été associée avec la structure du quartier, excepté pour une relation trouvée avec l'index d'occupation des sols et l'accès aux destinations (Duncan, Spence and Mummery 2005).

Sur les huit revues de la littérature qui ont regardé cette relation avec l'accès à des équipements sportifs, une a conclu, sur la base d'études longitudinales et expérimentales, que ceux-ci étaient des déterminants de l'activité physique (van Stralen et al. 2009). Des autres revues basées sur une grande majorité d'études transversales, quatre ont conclu à une relation positive (Duncan et al. 2005, Humpel, Owen and Leslie 2002, Owen et al. 2004, Wendel-Vos et al. 2007), et deux n'ont pas conclu à une association (Cunningham and Michael 2004, Saelens and Handy 2008, Van Cauwenberg et al. 2011).

Si globalement l'environnement de transport n'est pas associé avec l'activité physique (Bauman et al. 2012b), pour trois revues de la littérature les chemins réservés à la marche ou au vélo y ont été positivement associés (Duncan et al. 2005, Humpel et al. 2002, Owen et al. 2004). Une revue de la littérature (van Stralen et al. 2009) a considéré que l'environnement social, à travers la sécurité due au crime, était un déterminant de l'activité physique, tandis que cinq autres revues de la littérature (Cunningham and Michael 2004, Humpel et al. 2002, Owen et al. 2004, Saelens and Handy 2008, Wendel-Vos et al. 2007) ne pouvaient pas conclure quant à l'existence d'une relation et que pour une revue de la littérature la relation n'existe pas (Duncan et al. 2005). Cette même revue de la littérature considère aussi, en plus des trois autres qui ne peuvent pas conclure (Cunningham and Michael 2004, Humpel et al. 2002, Owen et al. 2004), que les incivilités ne sont pas liées à la pratique de l'activité physique.

Enfin, l'esthétique est considérée comme positivement associée à l'activité physique dans trois revues de la littérature (Cunningham and Michael 2004, Humpel et al. 2002, Owen et al. 2004), alors que les trois autres qui l'ont étudiée ne tirent pas de conclusion (Saelens and Handy 2008, van Stralen et al. 2009, Wendel-Vos et al. 2007).

SPECIFICITES DU TRANSPORT ACTIF

Concernant la structure du quartier, seulement deux revues de la littérature (sur des études majoritairement transversales) sur les six qui l'ont étudiées ont conclu à une relation positive avec le transport actif (Panter and Jones 2010, Saelens and Handy 2008). Cette conclusion est principalement due au fait que les autres revues de la littérature n'ont pas regardé tous les composants théoriquement intégrés à la structure du quartier (marchabilité⁷, connectivité, densité, occupation des sols) déterminant des conclusions basées sur un ou deux composants (sur quatre, voir Figure 15). Parmi les deux revues de la littérature qui ont conclu à des associations, cela concernait particulièrement la densité/l'urbanisation (relation positive) et l'index d'occupation des sols (relation positive).

Pour les risques dus au trafic routier, et l'existence de chemins ou pistes cyclables adaptés, aucune des revues de la littérature n'a trouvé de relation (Humpel et al. 2002, Owen et al. 2004, Panter and Jones 2010, Saelens and Handy 2008, Van Cauwenberg et al. 2011, Wendel-Vos et al. 2007). Concernant la sécurité due aux crimes, une revue de la littérature a considéré que ce n'était pas un facteur associé au transport actif (Wendel-Vos et al. 2007), tandis qu'une

⁷ : correspond aux structures facilitant la pratique de la marche, telles que les trottoirs

autre n'a pas conclu (Van Cauwenberg et al. 2011). Aucune relation n'a été retrouvée avec les incivilités, alors que des conclusions contraires sont retrouvées pour l'esthétique, avec deux revues de la littérature la considérant comme facteur associé positivement (Cunningham and Michael 2004, Humpel et al. 2002), tandis qu'une revue de la littérature ne conclut pas (Saelens 2008) et que la dernière trouve que ce n'est pas un facteur associé (Wendel-Vos et al. 2007).

SPECIFICITES DE LA SEDENTARITE

S'il existe une revue de la littérature concernant les relations avec les facteurs individuels ou socio-économiques, les associations entre sédentarité et facteurs environnementaux sont aujourd'hui très peu étudiées. Considérant le large éventail de facteurs environnementaux existant (dénuement du quartier, marchabilité du quartier, esthétique, densité résidentielle, nombre de destinations proches, sécurité du quartier, espaces verts, connectivité) et d'événements de sédentarité (télévision, ordinateur, temps passé assis en semaine, le week-end, pendant les loisirs, dans la voiture), aucune de ces quelques études récentes (Coogan et al. 2012, Stamatakis et al. 2014, Storgaard et al. 2013, Van Dyck et al. 2010, Van Dyck et al. 2012, Van Holle et al. 2014) ne présente des résultats similaires.

On pourra cependant noter que l'étude réalisée par Van Dyck et al. en 2012 sur trois pays (USA, Australie et Belgique) a montré une association positive entre densité résidentielle et temps moyen passé assis par jour, une association négative avec le nombre de destinations à moins de 20 minutes à pieds et l'esthétique du quartier, mais rien avec la marchabilité, la sécurité ou la connectivité du quartier.

4. RELATIONS ENTRE LES DIFFERENTS TYPES D'ACTIVITE

Les relations entre les différentes activités physiques et la sédentarité, ou les intra-relations qu'il peut y avoir entre les domaines de ceux-ci ne sont pas beaucoup étudiées. L'épidémiologie de l'activité physique est une discipline qui existe depuis plusieurs dizaines d'années, que ce soit en termes de relations avec des événements de santé ou avec de potentiels déterminants ou facteurs corrélés (Morris et al. 1953). Cependant, il a fallu attendre plusieurs décennies après son émergence pour que la recherche s'intéresse à des associations (avec un événement de santé par exemple) expliquées par l'activité physique et la sédentarité. Cela est compréhensible, le temps d'activité physique étant objectivement inversement proportionnel au temps d'activité sédentaire.

Cependant, nous avons vu précédemment que les comportements d'activité physique et de sédentarité pouvaient être évalués objectivement, mais aussi subjectivement sous la forme d'un contexte particulier. Logiquement, définis et évalués sous forme de contexte, les comportements d'activité physique peuvent être divisés en domaines, en activités, qui eux-mêmes sont caractérisés par des intensités, des comportements et des facteurs associés qui leurs sont propres. L'émergence de la définition de ces domaines correspond aux premières études sur l'activité physique ajustées sur les comportements sédentaires, et vice-versa (Tremblay et al. 2010). Cependant, ces études ne confrontent pas statistiquement la sédentarité et l'activité physique.

Ainsi, la première revue de la littérature sur le sujet est très récente, et met en avant peu de résultats à présenter. Dans celle-ci, Mansoubi et al. indiquent que jusqu'à juin 2013, vingt-six études avaient regardé les relations entre au moins une mesure de l'activité physique et au moins une mesure de sédentarité (Mansoubi et al. 2014). Bien que la première étude date de 2000, celles-ci ont commencé à être publiées en plus grand nombre à partir de 2004. Elles comprennent des mesures des comportements auto-reportées ou objectives. La revue considère : 1) Les différents types d'activité physique, c'est-à-dire le travail, les transports, les loisirs, les activités domestiques, la marche, l'activité physique générale, l'activité physique d'intensité faible, modérée à intense et les exercices et 2) La sédentarité comme temps de télévision, temps d'écran, de sédentarité au travail, temps global assis ou temps sédentaire global. Les résultats de cette étude montrent un certain nombre de choses.

Regarder la télévision était le comportement sédentaire le plus évalué (dans douze des vingt-six études), et a été négativement associé en particulier avec l'activité physique de loisir, générale et les exercices physiques. Avec la télévision, seul le temps total sédentaire a montré des relations inverses récurrentes avec l'activité physique (avec l'activité physique d'intensité faible et de modérée à intense). Cependant, en regardant les autres domaines de la sédentarité (temps d'écran, sédentarité au travail, temps assis) et de l'activité physique (travail, transports, loisirs, domestique ou de marche), la revue de la littérature ne met pas en évidence de combinaison qui ait été étudiée par plus de deux études. Sur les quinze combinaisons possibles, six combinaisons ne sont pas étayées, quatre le sont par une étude, et cinq par deux études, les études mentionnées montrant pour la plupart des relations inverses.

Les relations entre chaque domaine de l'activité physique entre eux et la contrepartie correspondante de la sédentarité ne sont pas des sujets très étudiés : dans deux revues de la littérature existantes traitant des facteurs associés et des déterminants des comportements

sédentaires, il n'y a aucune information sur les relations entre les domaines de la sédentarité entre eux (Owen et al. 2011, Rhodes et al. 2012). Le même phénomène est retrouvé pour l'activité physique (Bauman et al. 2012b). Pourtant, serait-il inconcevable de penser que la pratique d'une activité soit aussi déterminée par des pratiques d'activités similaires ? Les activités physiques entre elles et les comportements sédentaires entre eux peuvent ne pas être associés entre eux, être associés positivement ou négativement. Si l'on fait l'hypothèse de non association, cela mettrait alors en évidence une faiblesse du message de santé publique encourageant la pratique d'une activité physique en espérant que l'adoption d'un comportement engendrera des effets similaires dans des domaines connexes. De même, si certaines des associations entre les domaines sont négatives, alors une intervention de santé publique pourrait très bien cibler et affecter un comportement dans le sens voulu et voir un comportement connexe aller dans un sens contraire ; une manière de compenser. Dans tous les cas, il semble important d'obtenir des informations sur ces relations aujourd'hui très peu étudiées.

OBJECTIFS DE LA THESE

Objectif principal

Déterminer, chez les adultes français, les facteurs individuels associés et les conséquences sur la santé de l'activité physique, du transport actif et de la sédentarité

Objectifs sous-jacents

- Comprendre quelles sont les relations qui existent entre les différents domaines de l'activité physique et de la sédentarité d'une part, et des facteurs individuels, sociodémographiques et comportementaux, particulièrement au moment du passage à la retraite, d'autre part.

Pour répondre à ces deux objectifs, nous avons utilisé deux études transversales sur des échantillons d'adultes et d'adultes français vieillissants, correspondant respectivement à des parties des articles 1 et 2.

- Améliorer la compréhension que l'activité physique et la sédentarité peuvent avoir, lorsque étudiées ensemble, sur certains facteurs de risque cardiométaboliques et la somnolence diurne excessive.

Pour répondre à ce dernier objectif, nous avons utilisé une étude longitudinale correspondant à l'article 3 et une étude transversale correspondant à l'article 4, toutes deux sur un échantillon d'adultes français vieillissants.

METHODES GENERALES

I. ÉTUDE NUTRINET-SANTE

1. RATIONNEL ET DE L'ETUDE

Il s'agit d'une étude de cohorte observationnelle visant à étudier dans une large population (>500 000 sujets adultes de plus de 18 ans inscrits pour inclure 300 000 participants réels - 158 350 inclus au 05/10/2015), suivis pendant une période suffisamment longue (au moins 5 ans), les relations entre nutrition et santé.

En septembre 2014, cinq ans après le lancement de l'étude la cohorte était constituée de 268 000 inscrits, dont 157 000 individus inclus, les Nutrinautes. Le recrutement est continu et soutenu par des campagnes multimédias régulières, et les informations issues de NutriNet-Santé sont relayées par de nombreux sites internet et par de multiples canaux professionnels (médecins, pharmaciens, professionnels, etc.).

L'ensemble des Nutrinautes est suivi grâce au site internet développé à cet usage www.etude-nutrinet-sante.fr en s'appuyant sur les outils développés dans les études Supplémentation en Vitamines et Minéraux Anti-Oxydants (SU.VI.MAX) (Herberg et al. 1998) et l'Étude Nationale Nutrition Santé (ENNS) 2006 (Castetbon et al. 2009).

Tous les questionnaires sont conçus pour être remplis directement sur le site internet, à l'aide d'une interface HTML sécurisée. Toutes les conditions de sécurité informatique et physique des données sont assurées (Avis favorables du Comité de Qualification Institutionnelle (IRB) INSERM 10 juillet 2008, n°IRB0000388 FWA00005831 ; du CCTIRS⁸ 11 juillet 2008, n°08.301 ; de la CNIL⁹ 24 février 2009, n°908450). L'étude Nutrinet-Santé a été initiée et est coordonnée par le Pr Serge Herberg (Equipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle (EREN), UMR U 1153 Inserm / U 1125 Inra / Cnam / Paris 13). Elle a reçu le soutien du Ministère des Affaires sociales et de la Santé, l'INPES, de l'InVS, de l'Université Paris13, Sorbonne Paris Cité, de l'INSERM, de l'INRA, du Cnam, de la Fondation pour la Recherche Médicale et de l'IRESP.

⁸ Comité consultatif sur le traitement de l'information en matière de recherche dans le domaine de la santé

⁹ Commission nationale de l'informatique et des libertés

2. METHODOLOGIE DE L'ETUDE

À l'inclusion, tous les sujets remplissent un dossier de base comprenant différentes parties : questionnaires alimentaires (trois enregistrements alimentaires de vingt-quatre heures sur quinze jours), questionnaires sur l'activité physique, questionnaire anthropométrique, sociodémographique et de mode de vie et sur l'état de santé. Le questionnaire sur l'activité physique est l'IPAQ sous sa forme courte en version française (Craig et al. 2003, Hagstromer, Oja and Sjostrom 2006, Hallal and Victora 2004). Il comporte trois parties portant sur l'activité physique d'intensité élevée, l'activité physique d'intensité modérée et la marche, où le participant doit préciser le nombre de jours par semaine et la durée de pratique de chacun de ces types d'activité. Le questionnaire comprend aussi une question sur le temps moyen passé assis par jour.

Les versions auto-administrées sur internet du questionnaire anthropométrique et du questionnaire sociodémographique ont été comparées à leurs versions papiers, montrant une bonne validité (Touvier et al. 2011, Vergnaud et al. 2011). Le questionnaire anthropométrique comporte, en plus des questions sur le poids (sauf si femme enceinte) et la taille, des questions sur l'histoire pondérale, la pratique de régimes restrictifs, l'auto-perception du poids et l'image corporelle évaluée par les silhouettes de Stunkard (Stunkard 2000). Le questionnaire sur le tabac renseigne sur le type de tabac consommé, sa fréquence, l'usage passé du tabac et le tabagisme passif. Le questionnaire sur l'alcool porte sur les consommations d'alcool au cours des sept jours précédents, où le participant doit préciser pour chacun des types d'alcool (vin, bière, cidre, apéritif) s'il en a consommé, combien de jours dans la semaine passée et la quantité moyenne en nombre d'unités standard (verre, canette, etc.).

Dans le cadre de leur suivi, les Nutrinautes reçoivent chaque mois un e-mail automatisé les informant des nouveaux questionnaires à remplir pour compléter leur dossier (lien intégré dans l'e-mail). Des informations sur l'avancement de l'étude sont également fournies.

Les internautes sont invités, au travers des questionnaires de surveillance, à saisir tout événement de santé (hospitalisation, diagnostic, etc.) qui sera validé secondairement. Lorsque le sujet ne répond pas aux questionnaires ou si une information susceptible de correspondre à un critère principal de l'étude est signalée par un Nutrinaute (ou par un de ses proches), une investigation est lancée par l'équipe médicale de la coordination de l'étude. Cette investigation a pour but de collecter les informations médicales utiles auprès des médecins traitants ou des structures ayant pris en charge le problème de santé signalé. Les informations collectées peuvent être le compte-rendu d'hospitalisation ou d'intervention, le compte rendu

d'anatomo-pathologie, etc. Ces données sont revues par des Comités d'experts indépendants pour validation.

Le statut vital et les causes de décès sont obtenus selon la procédure décrite dans le Décret 98-37 autorisant l'accès au répertoire national d'identification des personnes physiques et à la base de données du CépiDc-INSERM.

II. ÉTUDE ACTI-CITES

1. OBJECTIFS ET METHODES

L'objectif du projet ACTI-Cités, initié en 2012, est de mieux comprendre l'activité physique, comportement à risque pour les cancers, et plus particulièrement les pratiques liées aux transports actifs (marche, vélo) en tenant compte des environnements de vie (social, construit, perçu) et des caractéristiques individuelles des sujets. C'est un projet multidisciplinaire associant des épidémiologistes, des médecins, des sociologues et des géographes. L'étude ACTI-Cités est coordonnée par le Pr Jean-Michel Oppert (EREN et Université Pierre et Marie Curie). Le projet a été financé par l'Institut National du Cancer (INCa) pour une durée de 4 ans à partir de fin 2011.

Le projet est organisé autour de trois groupes de travail.

Le groupe de travail 1 visait à développer des instruments de mesure du transport actif et des pratiques spatiales (questionnaires) et à valider ces outils par rapport à de nouvelles techniques d'estimation de l'activité physique (multi-capteurs, GPS). Les mesures obtenues par questionnaires et par multi-capteurs seraient réalisées simultanément chez 40 sujets et les résultats seront comparés.

Le groupe de travail 2 visait à adapter et à tester sous format web les instruments disponibles pour la mesure du transport actif et des pratiques spatiales, de l'activité physique et de l'environnement dans l'étude NutriNet-Santé. L'évaluation de l'environnement perçu (caractéristiques et limites géographiques) a été réalisée à partir du questionnaire développé dans le cadre du projet Européen ALPHA et par des techniques innovantes qui combinent application web et SIG.

Le groupe de travail 3 s'appuie sur les travaux effectués dans les deux autres groupes de travail pour étudier les relations entre transport actif, pratiques spatiales et environnement dans un large échantillon d'adultes français issu de l'étude NutriNet-Santé. Les bases de

données géo-localisées ont été intégrées dans un SIG (adresse de résidence et de travail/étude, limites des quartiers, environnement bâti comme par exemple les pistes cyclables). L'objectif était de chercher à évaluer si les pratiques de transports actifs et les pratiques spatiales sont associées aux caractéristiques de l'environnement (bâti, social, perçu) en tenant compte des caractéristiques individuelles.

En pratique, la mise en place du questionnaire d'activité physique final s'est effectuée en deux phases : 1. La création à partir d'un questionnaire existant- le RPAQ (Besson et al. 2010) - d'une version adaptée au projet ACTI-Cités et 2. L'adaptation de ce questionnaire au format internet et l'intégration du questionnaire dans l'étude NutriNet-Santé.

La création de ce nouveau questionnaire, qui devait contenir des questions supplémentaires et adaptées pour quantifier les activités de transport et les activités sédentaires plus finement que ne le faisait le RPAQ, a nécessité la collaboration de tous les partenaires en vue de choisir, pour chaque item, s'il fallait utiliser la question existante dans le RPAQ, modifier une question existante dans le RPAQ ou créer la question. En effet, le RPAQ a été créé dans un contexte anglais, et contient donc des questions qui ne paraissent pas adaptées à la population française, et pouvait manquer de certaines questions légitimes dans un contexte français (en particulier pour certaines activités de loisir). En quelques chiffres, sur l'ensemble du questionnaire ainsi créé, le STPAQ (Sedentary, Transportation, and Physical Activity Questionnaire), 28% des questions (n=36) sont des questions qui proviennent directement du RPAQ, 21% (n=27) sont des modifications d'une question déjà existante dans le RPAQ et 51% (n=65) sont des questions originales.

Le STPAQ a été adapté sous format internet et proposé aux Nutrinautes à partir de février 2013 (dont une partie de la version passée dans NutriNet-Santé est dans l'Annexe I), tandis que parallèlement la validité et la fiabilité des questions spécifiques sur les activités liées aux transports et à la sédentarité ont été évaluées chez 96 sujets âgés de 20-65 ans utilisant un journal et par de l'eau doublement marquée¹⁰ (article en cours de soumission). L'étude de validation a montré un coefficient de corrélation de Spearman de 0,39 ($p < 0,001$) avec le temps de marche total estimé par le STPAQ, et un coefficient de corrélation de 0,96 ($p < 0,0001$) pour le temps de vélo estimé. La fiabilité, évaluée par 32 participants était de

¹⁰ La méthode de l'eau doublement marquée est une mesure de calorimétrie indirecte qui permet de déterminer la dépense énergétique totale dans les conditions habituelles de vie

modérée à bonne pour les éléments de transport actif (coefficients intra-classe entre 0,47 à 0,61).

Mon implication dans les groupes de travail 2 et 3, dans le cadre de du travail de thèse, a consisté à être le coordinateur, le data manager et le statisticien des données des questionnaires issus du projet ACTI-Cités au sein de l'EREN. Il a en effet fallu, entre la réception des données brutes et l'extraction des données aux différents partenaires du projet, participer au nettoyage des données, à l'attribution concertée des intensités en MET de chaque activité et à la création des scores finaux. Le nettoyage des données a consisté principalement en 1. La gestion des exclus potentiels via les données du STPAQ (sous-déclaration ou sur-déclaration) ou par croisement avec d'autres données issues de NutriNet-Santé (via les déclarations de handicap permanent) et 2. Le reclassement de près de 10 000 activités de loisir remplies à la main par les Nutrinautes dans des activités de loisir déjà existantes dans le questionnaire ou dans de nouvelles activités créées pour l'occasion. L'attribution des intensités aux différentes activités physiques s'est faite par consensus de tous les membres du projet après avoir pris connaissance des données correspondantes de chaque activité issues de la dernière version du Compendium des activités physiques (Ainsworth et al. 2011), des guidelines du RPAQ et des valeurs utilisées dans le questionnaire MAQ utilisé dans les questionnaires SU.VI.MAX. Enfin, de nombreux scores finaux ont été élaborés et calculés pour être utilisés dans de futures études épidémiologiques, mais aussi pour être utilisés dans les analyses spatiales utilisant les SIG par des non-spécialistes de la gestion de base de données.

2. QUESTIONNAIRE STPAQ

Le STPAQ est un questionnaire dédié à l'évaluation de différents domaines de l'activité physique et de la sédentarité au cours des quatre semaines précédentes (voir Annexe I).

Le questionnaire évalue les activités professionnelles en demandant aux participants le temps passé à travailler dans les quatre dernières semaines (une question par semaine) et le type d'intensité d'effort physique (sédentaire assis, sédentaire debout, travaux manuels, travaux manuels intenses). Les activités de transport (utilitaire, pour aller au travail, ou professionnel) ont été évaluées par des questions (quantitatives) de fréquence et de durée pour cinq types de transport : la marche, le vélo, la voiture, les transports en commun et les autres transports mécaniques. Les activités physiques de loisir ont, elles, été évaluées via une question semi-quantitative de fréquence et par une question quantitative de durée pour chaque épisode et

pour chaque type d'activité de loisir rapportée. Les activités physiques domestiques ont été évaluées par une question unique (quantitative). L'évaluation de la sédentarité s'est effectuée en deux volets. D'un côté, l'évaluation semi-quantitative de comportements sédentaires de loisir (regarder la télévision, utiliser un ordinateur, une console de jeux active et la lecture) pendant la semaine et en week-end, et d'un autre côté le temps passé assis chez soi, dans les transports et au travail en semaine et le week-end. En plus de ces questions sur les activités physiques et sédentaires, des questions ont été posées concernant le fait de se sentir actif, de pratiquer de l'activité physique pour raison médicale, l'importance que les sujets portent à leurs pratiques ou à l'importance qu'y portaient leurs parents quand ils étaient enfants.

III. ÉTUDES SU.VI.MAX ET SU.VI.MAX 2

1. RATIONNEL ET DE L'ETUDE

Dans les années 1990, des arguments mettaient en évidence que la production de radicaux libres pouvait, directement ou indirectement, jouer un rôle dans les processus cellulaires impliqués dans l'athérosclérose et la cancérogenèse (Hercberg et al. 1997). Les résultats de ces travaux ont globalement suggéré une relation entre certaines vitamines et oligo-éléments antioxydants présents dans l'alimentation ou dans le sang et un risque plus faible de maladies cardiovasculaires et de cancers.

L'étude SU.VI.MAX (1994-2002) était initialement un essai d'intervention primaire randomisé en double aveugle *versus* placebo, destiné à évaluer l'impact d'une supplémentation quotidienne à doses nutritionnelles en β -carotène, vitamines C et E, sélénium et zinc sur l'incidence des cardiopathies ischémiques et des cancers. L'efficacité de l'intervention a été jugée sur trois critères principaux : la mortalité globale, l'incidence des cancers (tous sites confondus) et l'incidence des maladies cardiovasculaires ischémiques. Au-delà des données spécifiques à l'essai d'intervention, à la constitution d'une banque de données importante sur les habitudes de vie et l'état de santé, l'étude SU.VI.MAX a permis d'investiguer un grand nombre de relations habitudes de vie - santé et le permet encore aujourd'hui. L'étude SU.VI.MAX a été initiée et est coordonnée par le Pr Serge Hercberg (EREN). L'étude SU.VI.MAX a été approuvée par le Comité Consultatif pour la Protection des Personnes se prêtant à la Recherche Biomédicale de Paris Cochin (CCPPRB n°706) et par

la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL n°334641). Un comité de surveillance supervisait la progression de l'étude.

2. METHODOLOGIE DE L'ETUDE

La population de l'étude était constituée de femmes âgées de 35 à 60 ans et d'hommes de 45 à 60 ans. L'inclusion de femmes relativement jeunes (35-44 ans) était justifiée par l'incidence précoce des cancers du sein et de l'utérus. Les participants ont été recrutés à partir d'un panel de 80 000 volontaires constitué au niveau national grâce à une campagne multimédia (télévision, radio, presse écrite nationale et régionale). Parmi les questionnaires d'informations et les formulaires de consentement renvoyés, 21 481 étaient suffisamment complets pour être évalués. Pour être définitivement éligibles, les sujets devaient être dans la tranche d'âge requise, ne pas avoir de pathologie sévère, ne pas prendre d'autre supplémentation, être bien conscients de participer à une étude interventionnelle, et ne pas avoir de comportement obsessionnel concernant l'alimentation.

L'étude SU.VI.MAX, dans sa première phase, a inclus 12 741 participants répartis sur l'ensemble du territoire national. Les sujets ont été inclus entre octobre 1994 et juin 1995. Des examens, cliniques ou biologiques (en alternance annuelle), ont été réalisés tous les ans tout au long du suivi. Ces examens avaient lieu soit dans des centres d'examen de santé de l'assurance maladie impliqués dans l'étude, soit dans les unités mobiles SU.VI.MAX qui permettaient de réaliser dans chaque ville - étape tous les examens cliniques ou prélèvements biologiques nécessaires.

Différents questionnaires ont été administrés, à l'inclusion et régulièrement au cours du suivi. Enfin, les participants étaient invités à transmettre des informations sur leur état de santé tous les mois et sur leur consommation alimentaire tous les deux mois. Afin de communiquer plus facilement ces informations au centre coordonnateur de l'étude, les investigateurs conseillaient aux sujets inclus dans l'étude de se munir d'un terminal minitel qui leur permettait d'envoyer toutes les données via un logiciel conçu spécifiquement pour l'étude. Plus récemment, un site Internet permettait de saisir également ces données. Au cas où le sujet ne s'équipait pas d'un minitel, le centre coordonnateur lui faisait parvenir des questionnaires imprimés qui devaient être retournés par courrier.

Les informations demandées à l'inclusion comprenaient des données de mode de vie (tabac, activité physique, consommation d'alcool) et nutritionnelles. En complément, au cours du

suivi, des questionnaires spécifiques ont été adressés aux volontaires. À l'inclusion (avant le début de la supplémentation), un prélèvement de 35 ml de sang a été effectué. Le traitement des échantillons était assuré sur place, dans les laboratoires des unités mobiles SU.VI.MAX ou des différents centres d'examen de santé associés à l'étude. Les échantillons ont été conservés à +4°C à l'abri de la lumière avant centrifugation et aliquotage. Les échantillons pour la constitution de la biothèque ont été conservés à -20°C ou à -80°C et des paillettes ont été conservées dans l'azote liquide à -196°C. Certaines vitamines et oligo-éléments antioxydants ont été dosés, ainsi que le bilan lipidique (cholestérol total, triglycérides, apolipoprotéines A et B), l'hémoglobine, la glycémie et l'iodurie.

Un an après l'inclusion et par la suite tous les deux ans, un bilan clinique était réalisé en alternance avec le bilan biologique. Le bilan clinique comportait la mesure de la pression artérielle, des données anthropométriques (poids, taille, tour de taille, tour de hanches), un électrocardiogramme de repos, une recherche de sang dans les selles par un test Hemocult[®] chez les personnes de plus de 45 ans, et pour les femmes, un frottis vaginal ainsi qu'une mammographie pour celles qui étaient âgées de plus de 45 ans.

3. MESURES DE L'ACTIVITE PHYSIQUE ET DE LA SEDENTARITE

L'activité physique et la sédentarité ont été évaluées par l'envoi d'un questionnaire spécifique en 1998 et en 2001, la version française (Vuillemin et al. 2000b) du MAQ (Kriska et al. 1990). Cet instrument évalue l'activité physique passée sur les douze derniers mois dans différents domaines de la vie de tous les jours. L'évaluation de l'activité physique par le MAQ dans sa version américaine originale a été validée par comparaison à la technique de l'eau doublement marquée, permettant d'évaluer la dépense énergétique, et sa reproductibilité a été évaluée par les propriétés de test-retest du questionnaire (Pereira et al. 1997).

Dans ce questionnaire, il a été demandé aux sujets de rapporter précisément toutes les activités de loisir pratiquées au moins dix minutes au moins dix fois dans les douze derniers mois, et d'en indiquer la fréquence et la durée de chaque événement. Les activités physiques de loisir ont été classifiées en fonction de leur intensité, basée sur les valeurs de MET (Ainsworth et al. 2000), comme activité d'intensité modérée (3-6 METs) ou activité d'intensité élevée (>6 METs). Le questionnaire comportait également des questions sur le temps passé habituellement par jour en occupations sédentaires pendant les loisirs, à savoir la télévision en 1998, et la télévision, l'ordinateur ou les jeux vidéo et la lecture à partir de 2001.

Il a été demandé des informations sur l'activité physique professionnelle à travers des questions sur les fréquences de travail (mois par an, jours par semaines, heures par jour, dont le temps passé assis au travail) et sur l'effort physique requis par les activités non assises (debout, manuel ou manuel intense).

Le questionnaire original du MAQ n'explorait que l'activité physique pendant les loisirs et au travail. Pour prendre aussi en compte l'activité physique non associée aux loisirs ou au travail, une partie séparée a été élaborée où il a été demandé aux participants tous les épisodes d'activité physique réalisés dans le cadre domestique qui ont été faits au moins dix fois pendant plus de dix minutes dans les douze derniers mois. Ces activités comprenaient le rangement du domicile, l'utilisation de transport actif pour aller faire des courses, etc.. Ces questions ont été posées sous le même format que celui utilisé pour l'activité physique professionnelle.

4. L'ÉTUDE SU.VI.MAX 2

Entre 2007 et 2009, un nouveau bilan clinico-biologique a été réalisé chez 6 850 participants de l'étude SU.VI.MAX qui avaient accepté de participer à un suivi additionnel (soit 53 % de l'échantillon : 3 980 femmes et 2 870 hommes). L'objectif de cette étude baptisée SU.VI.MAX 2 était d'étudier le lien entre alimentation et vieillissement. Parmi les différents tests et questionnaires qui ont été administrés aux participants, on retrouve les tests d'équilibre, de force musculaire, de mobilité, de mémoire, de cognition, des questionnaires sur la dépression, les troubles du sommeil, etc., en plus des mesures cliniques, anthropométriques et sanguines, et d'une version identique au MAQ de 2001.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

I. FACTEURS ASSOCIES A LA MARCHE ET AU VELO POUR ALLER AU TRAVAIL, LES LOISIRS ET LES DEPLACEMENTS UTILITAIRES: UNE ENQUETE TRANSVERSALE CHEZ LES ADULTES FRANÇAIS (LE PROJET ACTI-CITES)

Article N°1

- OBJECTIFS DE L'ETUDE

Les objectifs de cette étude, qui porte sur un échantillon d'adultes français et utilise des analyses transversales, étaient 1) D'évaluer les facteurs associés personnels et sociodémographiques de la pratique de la marche et du vélo selon trois sous-domaines (aller au travail, loisir ou utilitaire) et 2) D'évaluer les relations des domaines de la marche et du vélo entre eux, de même qu'avec les activités physiques autres que la marche et le vélo.

1. METHODES

- POPULATION SPECIFIQUE

Les participants de la présente étude constituaient le sous-groupe (n = 55 694) de l'échantillon total de sujets de la cohorte NutriNet-Santé, qui ont rempli le STPAQ, administré du 15 février au 15 août 2013 (taux de participation de 48.5%). Ils ont été informés par un e-mail automatisé de la nécessité de compléter ce questionnaire dans leur espace personnel sur le site de l'étude. Parmi les participants qui ont rempli le questionnaire sur les activités physiques et la mobilité, 1 730 ont été exclus en raison de limitations physiques liées à leur mobilité, évaluées au moyen de l'auto-déclaration d'une déficience motrice (n = 927) et des limites liées aux capacités de marche par l'item « capacité à marcher au moins 100 mètres » (n = 803). En outre, nous avons exclu les participantes qui étaient enceintes au moment de remplir le questionnaire (n = 730), les participants ayant des valeurs aberrantes d'activité physique (n = 2 817) et les participants ayant une valeur manquante sur une ou plusieurs des variables utilisées dans les analyses multivariées (n = 11 619), pour un échantillon final de 38 832 sujets avec une moyenne \pm écart-type (ET) d'âge de $49,1 \pm 14,4$ années.

COVARIABLES

Les variables individuelles et sociodémographiques ont été obtenues par questionnaire auto-administré rempli par les participants à l'inclusion. Les données comprenaient l'âge, le sexe, le poids et la taille, le niveau d'éducation (regroupé en plus ou moins de deux ans d'université), le revenu du ménage (de 0 à 1430 euros/mois, de 1430 à 2330 euros/mois, de 2330 à 3780 euros/mois, plus de 3780 euros/mois, ne sait pas/ne veulent pas répondre), le tabagisme (oui ou non), la composition du ménage (vivant seul ou en couple), la présence d'enfants à la maison (âgés de moins de 14 ans, entre 14 et 18 ans), la santé perçue (de mauvaise à moyenne, et de bonne à très bonne) et l'adresse du domicile. L'âge a été utilisé comme variable catégorielle (tranches de 5 ans) pour les fréquences de pratique et utilisé en continu dans d'autres analyses. L'IMC a été calculé comme le poids déclaré (kg) divisé par la taille (m) au carré. Il a été demandé le nombre hebdomadaire d'heures de travail au cours des quatre dernières semaines (la moyenne des quatre semaines a été utilisée dans les analyses). La distance de travail a été estimée en fonction de la fréquence et la durée de chaque type de transport utilisé pour les déplacements, sur la base de 25 km/h pour les voitures, 25 km/h pour

les transports publics, 10 km/h pour le vélo, 4 km/h pour la marche et 10 km/h pour les autres modes de transport (Le Jeannic et al. 2008). Le type et la quantité d'activité physique au travail ont été évalués par une question en quatre catégories qualitatives du RPAQ (sédentaire, travail debout, travail manuel ou travail manuel lourd) et une variable binaire a été créée (travail sédentaire/debout, travail manuel/travail manuel lourd). La présence d'un parking au travail a été évaluée par une variable binaire. Les activités de loisirs sédentaires ont été évaluées à partir de questions renseignant le nombre d'heures par jour (à l'exclusion des heures de travail) habituellement consacrées dans une journée de travail/non-travail moyenne au cours des quatre dernières semaines – passées à regarder la télévision, des DVD ou autres vidéos ; à utiliser un ordinateur, une tablette, ou jouer à des jeux vidéo sur écran. La somme de toutes les durées moyennes par semaine de ces activités a été classée comme suit : entre 0 et \leq 2h par jour, entre 2 heures et 4 heures par jour et plus de 4 heures par jour.

La densité de population (nombre d'habitants/surface) a été obtenue à partir des bases de données du recensement (www.insee.fr) et classée comme suit: 0-300 personnes par km² (zone rurale), 300-2000 personnes par km² et plus de 2000 personnes par km² (haute densité de population).

- ANALYSES STATISTIQUES

Les domaines de la marche et du vélo, initialement des variables quantitatives, ont été utilisés dans ces analyses sous forme de variables catégorielles en deux classes. Il a été choisi pour la marche une valeur seuil de 0,5 h par semaine pour représenter le niveau minimum de marche effectué dans la vie de tous les jours. Il a été choisi pour les domaines de vélo le seuil de 0h par semaine. Les variables continues ont été décrites avec des moyennes \pm ET et les variables catégorielles avec des fréquences. Les associations entre la pratique de la marche ou du vélo et les facteurs associés potentiels ont été évaluées en utilisant des modèles de régression logistique multivariés. Les résultats sont exprimés en odds ratios (OR) avec des IC à 95%. Nous avons d'abord identifié les facteurs associés potentiels et les facteurs de confusion à partir d'analyses bivariées et de la littérature existante. Les covariables comprenaient l'âge, le revenu, l'état de santé perçu, le statut tabagique, le temps d'écran au cours des loisirs, la densité de population, la distance domicile-travail, et le temps passé au travail. Pour toutes les analyses, le niveau de significativité a été fixé à 0,05 et tous les tests étaient bilatéraux. Toutes les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel SAS (version 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

2. RESULTATS DE L'ETUDE

- ANALYSES DESCRIPTIVES TRANSVERSALES

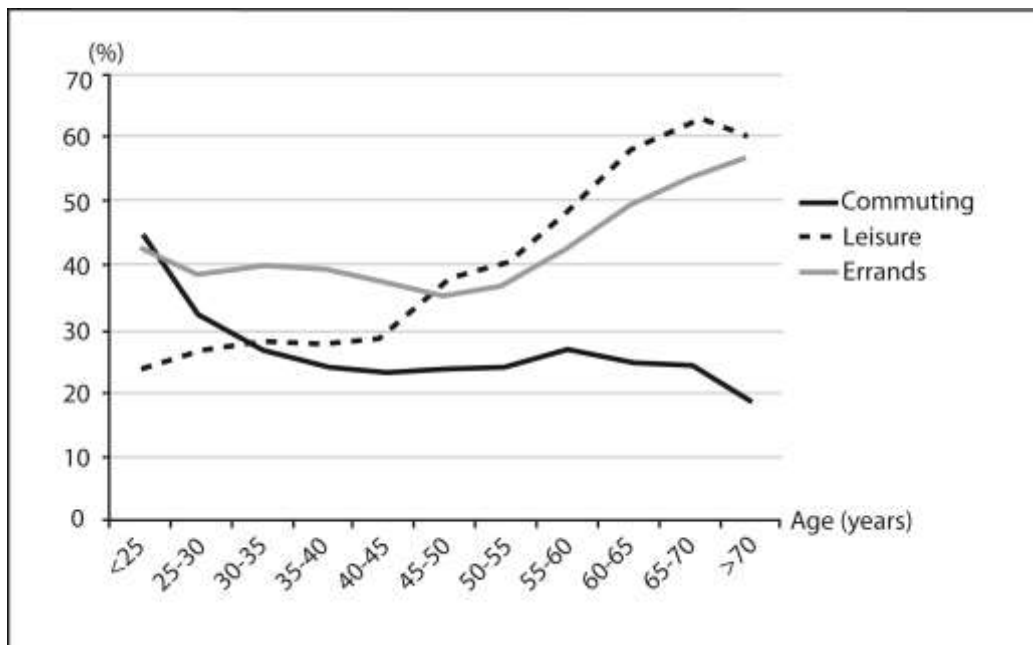
Les sujets étaient essentiellement des adultes d'âge moyen avec une majorité de femmes et deux tiers des participants avec au moins un niveau BAC+2 (Tableau 2). Deux tiers des sujets ont également rapporté avoir un emploi, qui était d'un type sédentaire pour une majorité d'entre eux. Dans l'ensemble, la marche pour aller au travail, pour les loisirs et avec un but utilitaire a été rapportée respectivement par 26,3%, 41,9% et 42,0% des sujets. Pour le vélo, ces mêmes domaines ont représenté respectivement 7,2%, 9,7% et 8,6% des sujets.

Tableau 2 - Caractéristiques de la population d'étude

n=39 295	Moyenne (ET) ou %
Caractéristiques individuelles	
Âge (ans)	49,1 (14,4)
Sexe (homme)	23,5
IMC (kg/m ²)	23,8 (4,3)
Éducation (≥ 2 ans d'université)	64,3
Vivre en couple	73,5
Avoir un enfant au domicile de moins de 14 ans	22,9
Avoir un enfant au domicile entre 14 et 18 ans	11,6
Caractéristiques de travail et de transport	
Employés	68,7
Ont un abonnement de transport en commun	19,8
Si employés, ont un travail sédentaire	90,6
Si employés, ont un travail manuel	37,7
Marche	
Transport au travail parmi les travailleurs	26,3
Loisirs	42,0
Utilitaire	41,9
Vélo	
Transport au travail parmi les travailleurs	7,2
Loisirs	9,7
Utilitaire	8,6
Activités physiques de loisir	
0-0,5h par semaine	30,0
0,5h-2,5h par semaine	37,0
> 2,5h par semaine	33,0
Plus de 7h/semaine d'activités physiques domestiques	45,1

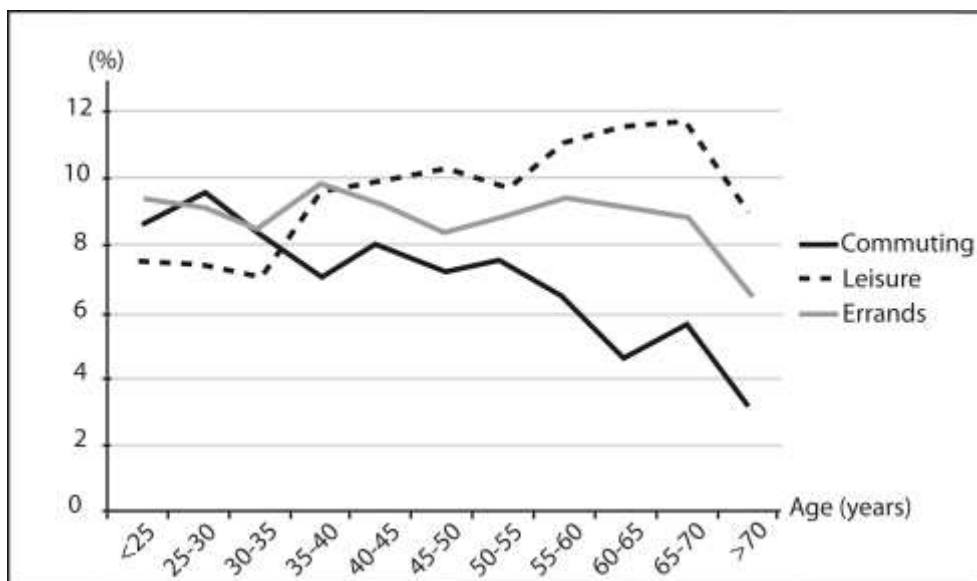
- DESCRIPTION DE LA MARCHE ET DU VELO PAR GROUPE D'AGE

La prévalence de la marche pour aller au travail a diminué entre 18 et 30-35 ans (43,9% à 27,3% des sujets) et est restée stable jusqu'à 65-70 ans (Figure 16). Marcher pour les loisirs a augmenté de façon continue avec l'âge (24,6% pour les < 25 ans à 60,9% pour les 65-70 ans). Marcher pour les courses est resté stable jusqu'à 50-55 ans (de 41,4% pour les < 25 ans à 35,8% pour les 50-55 ans), puis a augmenté. De <25 à 65-70 ans, le vélo pour aller au travail a diminué (de 8,3% à 5,5%), le vélo pour les loisirs a légèrement augmenté (de 7,4% à 11,4%) et le vélo pour des déplacements utilitaires est resté stable (entre 9,2% et 8,5% des sujets) (Figure 17).



*: tous les participants ont été analysés pour la marche de loisir et utilitaire. Seuls les travailleurs ont été analysés pour la marche pour aller au travail. Commuting : aller au travail. Leisure : loisirs. Errands : utilitaire.

Figure 16 – Pourcentage de participants* qui ont rapporté pratiquer au moins 30 minutes par semaine de marche pour aller au travail, pour les loisirs ou utilitaire parmi des classes d'âge de 5 ans



*: tous les participants ont été analysés pour le vélo de loisir et utilitaire. Seuls les travailleurs ont été analysés pour le vélo pour aller au travail. Commuting : aller au travail. Leisure : loisirs. Errands : utilitaire.

Figure 17 – Pourcentage de participants* qui ont rapporté pratiquer au moins 30 minutes par semaine de vélo pour aller au travail, pour les loisirs ou utilitaire parmi des classes d'âge de 5 ans

- FACTEURS SOCIODEMOGRAPHIQUES ASSOCIES AUX
DOMAINES DE LA MARCHE ET DU VELO

Être une femme était positivement associé à la marche (de manière significative pour les loisirs et les déplacements utilitaires) et négativement avec les trois domaines du vélo (Tableau 3). L'IMC était négativement associé à la marche pour les loisirs et avec les trois domaines du vélo. L'éducation était négativement associée à la marche et le vélo pour les déplacements de loisir, mais positivement associée à la marche et au vélo pour les déplacements utilitaires. Avoir un enfant de moins de 14 ans à la maison était associé négativement avec la marche pour aller au travail et pour les loisirs, mais positivement associé à la marche pour les déplacements utilitaires et le vélo de loisir. Avoir un abonnement aux transports en commun était fortement positivement associé à la marche pour aller au travail et pour les loisirs et n'était pas associé de manière significative avec le vélo. Avoir un emploi qui demande des efforts physiques était négativement associé avec la marche pour aller au travail, mais positivement associé à la marche et le vélo pour les loisirs et avec la marche pour les déplacements utilitaires. L'âge en continu était positivement associé à la marche de loisir et utilitaire, et négativement avec le vélo pour aller au travail et utilitaire. Comparées aux foyers avec les revenus les plus faibles, toutes les tranches de niveau de revenu étaient négativement associées à la marche pour aller au travail. La densité de population était positivement liée à la marche et au vélo pour aller au travail et utilitaire, mais pas pour les loisirs. Enfin, si travailler à plus de 10km de chez soi et travailler plus de 35 heures par semaine étaient liés positivement à la marche pour aller travailler, ceci était négativement relié à la probabilité de faire de la marche de loisir ou utilitaire.

Tableau 3 - Associations des domaines de la marche et du vélo avec les caractéristiques individuelles et sociodémographiques

	Marche			Vélo		
	Travail* OR (IC à 95%)	Loisir OR (IC à 95%)	Utilitaire OR (IC à 95%)	Travail* OR (IC à 95%)	Loisir OR (IC à 95%)	Utilitaire OR (IC à 95%)
Caractéristiques individuelles et sociodémographiques						
Sexe						
Homme	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
Femme	1,06 (0,98-1,15)	1,12 (1,07-1,19)	1,08 (1,03-1,15)	0,62 (0,55-0,71)	0,47 (0,43-0,51)	0,77 (0,69-0,85)
IMC (kg/m ²)	0,99 (0,98-1,00)	0,98 (0,97-0,98)	0,99 (0,98-0,99)	0,96 (0,95-0,98)	0,98 (0,97-0,99)	0,96 (0,95-0,97)
Éducation						
<2 ans d'université	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
≥2ans d'université	0,86 (0,80-0,93)	0,96 (0,91-1,01)	1,16 (1,11-1,22)	1,08 (0,94-1,25)	0,87 (0,80-0,94)	1,4 (1,27-1,56)
Vivre en couple						
Non	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
Oui	0,89 (0,83-0,97)	1,14 (1,08-1,21)	0,93 (0,88-0,99)	1,26 (1,09-1,45)	1,09 (0,99-1,21)	1,04 (0,93-1,16)
Avoir un enfant au domicile de moins de 14 ans						
Non	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
Oui	0,76 (0,70-0,82)	0,68 (0,64-0,72)	1,13 (1,06-1,19)	0,91 (0,80-1,04)	1,22 (1,10-1,34)	0,94 (0,84-1,05)
Avoir un enfant au domicile entre 14 et 18 ans						
Non	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
Oui	1,04 (0,95-1,14)	0,98 (0,92-1,05)	0,79 (0,74-0,85)	1,05 (0,89-1,23)	0,95 (0,85-1,07)	1,15 (1,01-1,31)
Abonnement transports en commun						
Non	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
Oui	4,06 (3,78-4,35)	0,96 (0,90-1,02)	1,32 (1,25-1,40)	0,90 (0,78-1,04)	1,02 (0,91-1,13)	0,94 (0,84-1,05)
Travail						
Non	NP	Ref	Ref	NP	Ref	Ref
Oui	NP	1,12 (0,77-1,64)	1,34 (0,92-1,95)	NP	0,42 (0,27-0,67)	2,61 (1,60-4,25)
Parking disponible au travail						
Non	Ref	NP	NP	Ref	NP	NP
Oui	0,53 (0,50-0,57)	NP	NP	0,77 (0,68-0,86)	NP	NP
Travail manuel						
Non	Ref	NP	NP	Ref	NP	NP
Oui	0,82 (0,73-0,92)	NP	NP	1,01 (0,82-1,23)	NP	NP

(Suite)

	Travail*	Marche	Utilitaire	Travail*	Vélo	Utilitaire
	OR (IC à 95%)	Loisir OR (IC à 95%)	OR (IC à 95%)	OR (IC à 95%)	Loisir OR (IC à 95%)	OR (IC à 95%)
Caractéristiques individuelles et sociodémographiques (suite)						
Âge	0,99 (0,99-1,00)	1,03 (1,02-1,03)	1,01 (1,01-1,01)	0,98 (0,98-0,99)	1,00 (1,00-1,00)	0,76 (0,69-0,84)
Revenus du foyer						
0-1430 euros/mois	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
1430-2330 euros/mois	0,85 (0,74-0,97)	0,96 (0,87-1,06)	0,98 (0,89-1,08)	1,06 (0,82-1,38)	1,11 (0,93-1,33)	0,87 (0,71-1,06)
2330-3780 euros/mois	0,76 (0,67-0,87)	0,94 (0,85-1,03)	0,98 (0,89-1,08)	1,02 (0,79-1,32)	0,99 (0,83-1,18)	0,91 (0,75-1,10)
Plus de 3780 euros/mois	0,81 (0,70-0,93)	0,82 (0,74-0,91)	0,94 (0,85-1,05)	1,10 (0,85-1,43)	1,05 (0,87-1,26)	0,83 (0,68-1,02)
N'a pas répondu	0,81 (0,70-0,95)	0,99 (0,89-1,10)	0,89 (0,80-0,99)	0,74 (0,55-1,00)	1,11 (0,92-1,35)	0,79 (0,64-0,98)
Perception de sa santé						
Mauvaise	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
Bonne	0,94 (0,88-1,00)	1,04 (0,99-1,09)	0,96 (0,92-1,01)	1,26 (1,12-1,41)	1,14 (1,06-1,23)	1,18 (1,08-1,28)
Tabagisme						
Non	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
Oui	0,85 (0,78-0,92)	0,90 (0,84-0,96)	1,04 (0,98-1,11)	0,93 (0,80-1,09)	0,97 (0,86-1,09)	0,88 (0,77-1,00)
Temps d'écran pendant les loisirs						
0-2 heures/jour	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
2-4 heures/jour	0,99 (0,91-1,07)	0,97 (0,92-1,03)	0,95 (0,90-1,01)	0,87 (0,77-1,00)	1 (0,91-1,10)	0,75 (0,67-0,83)
Plus de 4 heures/jour	0,98 (0,91-1,07)	0,89 (0,84-0,94)	0,87 (0,82-0,92)	0,74 (0,65-0,85)	0,9 (0,82-1,00)	0,65 (0,58-0,72)
Densité de population						
0-300 hab./km ²	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
300-2000 hab./km ²	1,26 (1,15-1,37)	0,97 (0,92-1,03)	1,63 (1,54-1,72)	2,29 (1,94-2,72)	0,88 (0,80-0,96)	1,28 (1,14-1,43)
>2000 hab./km ²	1,88 (1,73-2,05)	0,97 (0,92-1,03)	2,97 (2,80-3,14)	3,47 (2,94-4,08)	0,72 (0,65-0,79)	1,53 (1,36-1,71)
Distance au travail						
<10km	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
≥10km	1,25 (1,20-1,29)	0,88 (0,83-0,93)	0,79 (0,74-0,83)	0,72 (0,68-0,77)	1,09 (0,98-1,2)	0,76 (0,68-0,84)
Temps passé au travail						
<35 heures/semaine	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
≥35 heures/semaine	1,17 (1,09-1,25)	0,88 (0,83-0,93)	0,76 (0,72-0,81)	1,35 (1,20-1,53)	1,15 (1,05-1,28)	0,75 (0,67-0,83)

Les modèles sont ajustés sur l'âge, les revenus, la perception de la santé, le tabagisme, le temps d'écran de loisir, la densité de population de la ville d'habitation, la distance au travail et le temps passé au travail quand nécessaire. Ref: référence. NP: non pertinent

* Les analyses ont été effectuées seulement parmi les travailleurs.

- INTERRELATIONS ENTRE LA MARCHÉ ET LE VELO ET LES RELATIONS AVEC L'ACTIVITE PHYSIQUE

Effectuer plus de 2h30 par semaine d'activité physique de loisir était négativement associé à la marche pour se rendre au travail, mais était associé positivement avec les deux autres domaines de la marche, et avec les trois domaines du vélo (Tableau 4). Marcher pour aller au travail était associé positivement avec les autres domaines de la marche, de même que la pratique du vélo pour aller au travail était positivement associée aux autres domaines du vélo. La marche et le vélo pour aller au travail n'étaient pas associés entre eux, alors que cela était le cas pour les déplacements de loisir ou les déplacements utilitaires. Ces relations sont résumées dans la Figure 18.

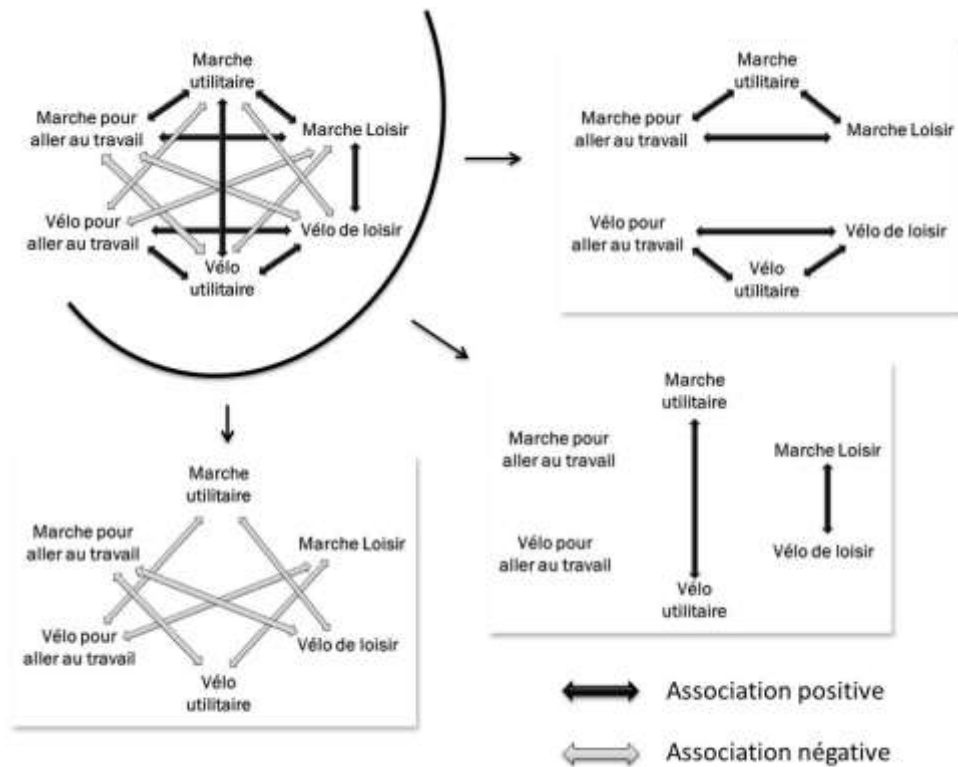


Figure 18 - Schématisation des relations multivariées entre les différents domaines de la marche et du vélo

Tableau 4 - Interrelations entre les domaines de la marche et du vélo et associations avec les autres activités physiques

	Marche			Vélo		
	Travail* OR (IC95%)	Loisir OR (IC95%)	Utilitaire OR (IC95%)	Travail* OR (IC95%)	Loisir OR (IC95%)	Utilitaire OR (IC95%)
Activités physiques de loisir						
<30min par semaine	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
30min-2h30min par semaine	0,96 (0,89-1,03)	1,23 (1,16-1,30)	1,11 (1,05-1,17)	1,26 (1,10-1,45)	1,54 (1,39-1,71)	1,50 (1,33-1,69)
>2h30min par semaine	0,89 (0,82-0,96)	1,52 (1,43-1,60)	1,13 (1,06-1,19)	1,49 (1,28-1,72)	1,79 (1,61-2,00)	1,87 (1,66-2,11)
Activités physiques domestiques						
< 7h par semaine	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
≥ 7h par semaine	0,98 (0,92-1,05)	1,28 (1,22-1,34)	1,13 (1,08-1,19)	0,88 (0,79-0,99)	1,07 (0,99-1,15)	0,93 (0,85-1,02)
Marche						
Travail **						
Non	NP	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
Oui	NP	1,12 (1,05-1,19)	2,30 (2,16-2,45)	1,02 (0,89-1,17)	0,83 (0,74-0,94)	0,72 (0,63-0,82)
Loisir						
Non	Ref	NP	Ref	Ref	Ref	Ref
Oui	1,15 (1,08-1,23)	NP	1,98 (1,90-2,08)	0,81 (0,71-0,91)	1,98 (1,83-2,15)	0,66 (0,60-0,72)
Utilitaire						
Non	Ref	Ref	NP	Ref	Ref	Ref
Oui	2,41 (2,26-2,57)	1,99 (1,90-2,08)	NP	0,72 (0,64-0,81)	0,78 (0,72-0,84)	3,07 (2,79-3,37)
Vélo						
Travail ***						
Non	Ref	Ref	Ref	NP	Ref	Ref
Oui	1,01 (0,88-1,16)	0,81 (0,72-0,91)	0,65 (0,58-0,73)	NP	1,61 (1,40-1,84)	15,51 (13,71-17,53)
Loisir						
Non	Ref	Ref	Ref	Ref	NP	Ref
Oui	0,81 (0,72-0,91)	1,94 (1,80-2,10)	0,78 (0,72-0,85)	2,06 (1,79-2,37)	NP	10,92 (9,92-12,02)
Utilitaire						
Non	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	NP
Oui	0,76 (0,66-0,86)	0,64 (0,59-0,70)	2,91 (2,65-3,19)	14,77 (13,09-16,68)	10,73 (9,74-11,81)	NP

Les modèles sont ajustés sur l'âge, les revenus, la perception de la santé, le tabagisme, le temps d'écran de loisir, la densité de population de la ville d'habitation, la distance au travail et le temps passé au travail quand nécessaire. Ref: référence. NP: non pertinent

* Les analyses ont été effectuées seulement parmi les travailleurs

** Chez les travailleurs, présence de marche pour aller au travail contre absence de marche pour aller au travail

*** Chez les travailleurs, présence de vélo pour aller au travail contre absence de vélo pour aller au travail

3. DISCUSSION

Nous avons montré dans un échantillon d'adultes français que les facteurs personnels et sociodémographiques associés à la marche et au vélo pouvaient varier selon le domaine étudié (c'est-à-dire pour aller au travail, de loisir ou utilitaire). Nous avons observé des schémas de pratique différents pour chaque domaine de marche tout au long de la vie adulte, tandis que pour le vélo l'évolution de chaque domaine paraissait plus homogène. Nous avons trouvé d'une manière générale qu'il y avait plus de facteurs associés pour les domaines de la marche que pour ceux du vélo. Enfin, nous avons mis en évidence qu'excepté pour la marche pour aller au travail, tous les domaines de la marche et du vélo étaient associés avec l'activité physique de loisir.

La première partie de ce travail consistait à regarder les fréquences de pratique des différents domaines de la marche et du vélo en fonction de l'âge par classes de cinq ans. Nos données ont montré des différences de pratique de marche avec l'âge alors que les pratiques paraissaient plus homogènes pour le vélo. Tout d'abord, nous avons observé une diminution de la fréquence de la marche pour se rendre au travail dans les quinze années suivant la majorité française. Cela est en accord avec une étude récente au Royaume-Uni montrant, dans une population adulte, qu'avoir plus de 29 ans était associé à moins de marche pour aller au travail (Laverly et al. 2013). Dans une autre étude sur des femmes adultes américaines, aller au travail à pied au moins une fois par semaine était négativement associé avec l'âge, modélisé comme variable continue (Bopp et al. 2013). En contraste avec la marche pour aller au travail, les fréquences des autres types de marche augmentaient avec l'âge en particulier pour la marche de loisir. Ceci est en accord avec les résultats obtenus dans une population d'adultes américains, dans laquelle la durée moyenne de la marche de loisir était associée positivement avec le fait d'avoir entre 30 et 64 ans (comparé à avoir un âge entre 18 et 29 ans) et négativement avec la classe d'âge supérieure (plus de 64 ans) (Agrawal and Schimek 2007). Dans une étude chez des adultes australiens, la marche de loisir a été positivement associée à l'âge jusqu'à 40-49 ans (comparé à 18-29 et 30-39 ans), une association négative étant ensuite observée pour les classes d'âge supérieures (Ball et al. 2007).

Concernant les facteurs associés aux domaines de la marche et du vélo, on peut identifier trois aspects concernant : les résultats qui confirment des associations rapportées précédemment, ceux qui peuvent expliquer pourquoi de précédentes études pouvaient mettre en évidence des

résultats contradictoires, et enfin la mise en évidence de relations qui n'avaient jamais été explicitement recherchées.

Par exemple, il a déjà été montré à de nombreuses reprises que le sexe était fortement associé à la marche et au vélo (les femmes pratiquent plus la première et les hommes plus la deuxième), ou que les personnes habitant dans des grandes villes avaient plus de chance de pratiquer la marche ou le vélo que les personnes résidant en zone rurale à faible densité de population (résultats que nous retrouvons).

Nos résultats expliquent peut-être une partie des divergences de la littérature concernant les relations avec l'âge. En effet, nous avons observé des relations positives avec la marche de loisir et utilitaire et plutôt négatives pour le vélo. Les résultats dans la littérature peuvent être, en rapport à l'âge, soit non associés (de Bruijn et al. 2009, Jurj et al. 2007) ou négativement associés (Adams 2010, Butler et al. 2007, Ogilvie and Goodman 2012). De savoir que pour une catégorie de la population la proportion de marche ou de vélo va augmenter ou diminuer dans les prochaines années pourrait permettre de guider les actions de santé publique pour encourager les comportements favorables à la santé au bon moment au cours de la vie adulte. Comme ont essayé de le montrer deux revues de la littérature pour l'activité physique générale et l'activité physique de loisir en particulier, ces pratiques sont liées aux événements de vie (Allender, Hutchinson and Foster 2008, Engberg et al. 2012) ; et par extension il ne serait pas illogique de penser que cela soit similaire pour le transport actif.

Une des conclusions de notre travail était que, excepté pour la marche pour aller au travail, tous les domaines de marche et le vélo étaient associés positivement avec l'activité physique de loisir. Plusieurs études ont trouvé des associations positives entre des variables agrégées de transport actif et les activités physiques de loisir (Gordon-Larsen et al. 2009, Hu et al. 2002c). Cependant, les données sur la marche ou le vélo examinées séparément sont rares. Récemment, dans la cohorte EPIC-Norfolk, Sahlqvist et al. ont mis en évidence des associations positives entre activité physique de loisir et le vélo utilitaire, ce qui est cohérent avec nos résultats (Sahlqvist et al. 2013). Pour la marche, des données détaillées sur les associations entre ses domaines spécifiques et l'activité physique de loisir font défaut. Basés sur un vaste échantillon d'adultes canadiens, Butler et al. ont montré une association positive entre une variable de marche dichotomisée (plus ou moins 6 heures de marche par semaine pour aller au travail) utilitaire ou pour aller au travail et un index d'activité physique de loisir (seulement chez les femmes) (Butler et al. 2007).

Pour la marche, chaque domaine a été associé positivement avec les autres domaines étudiés (c'est-à-dire aller au travail, les loisirs et l'utilitaire). Pour le vélo, chaque domaine a également été positivement et fortement associé avec les autres domaines. Ces résultats sont en accord avec les données de l'étude CARDIA (Coronary Artery Risk Development in Young Adults Study) où le transport actif (marche et vélo confondus) a été positivement associé à la marche pour les loisirs, les ORs significatifs allant de 1,96 à 5,62 (Gordon-Larsen et al. 2009). Les associations plus fortes trouvées avec le vélo par rapport à la marche peuvent indiquer que le vélo représente un comportement plus homogène (les cyclistes sont impliqués dans deux ou plusieurs domaines) par rapport à la marche. Ceci pourrait suggérer que des interventions qui porteraient sur un domaine spécifique de pratique du vélo pourraient aider à acquérir de nouveaux comportements favorables à la santé dans les autres domaines de l'activité physique habituelle.

Nous avons pu étudier l'effet de l'âge sur les différents comportements de la marche et du vélo. Pour comprendre ces effets, il faut également s'intéresser aux différents événements de vie, comme par exemple la retraite, qui sera l'objet de l'article suivant.

II. SEDENTARITE ET ACTIVITE PHYSIQUE PENDANT LE PASSAGE A LA RETRAITE

Article N°2

- OBJECTIFS DE L'ETUDE

Les objectifs de ce travail étaient, en utilisant les données longitudinales des études SU.VI.MAX et SU.VI.MAX 2, d'étudier l'évolution de la sédentarité et de l'activité physique au travers du passage à la retraite, et de caractériser les interrelations entre ces deux comportements, avant, pendant et après la retraite.

1. METHODES

- COVARIABLES

Le statut retraite a été auto-reporté en 2001 (qui correspond ici au début de l'étude) et 2007 (fin du suivi). La population a été divisée en trois catégories, en fonction du statut vis-à-vis de la retraite des sujets : 1) Les sujets qui ne sont pas retraités ni en 2001 ni en 2007, 2) Les sujets qui ont pris leur retraite entre 2001 et 2007, et 3) Les sujets qui étaient déjà à la retraite en 2001. Le sexe, la date de naissance et le niveau d'éducation ont été évalués par les questionnaires sociodémographiques. Le niveau d'éducation a été codé en trois catégories en fonction du plus haut diplôme obtenu (école primaire, lycée, université ou équivalent). Le statut tabagique (jamais, anciens fumeurs, fumeurs actuels) a été évalué en septembre 1998 par un questionnaire envoyé à l'ensemble de la cohorte. La taille et le poids ont été mesurés pendant les visites cliniques de 2001 et de 2007. L'IMC (kg/m^2) a été calculé comme par le rapport du poids corporel (en kg) divisé par le carré de la taille (m^2).

- ANALYSES STATISTIQUES

Les variables d'activité physique et de sédentarité issues du MAQ ont été utilisées sous forme quantitative, en heure par semaine. Pour chaque participant, les changements d'activité physique et de sédentarité entre 2001 et 2007 ont été calculés par la valeur enregistrée en 2007 soustraite de celle de 2001. Les variables continues ont été décrites par le calcul de la moyenne \pm ET. Nous avons utilisé une ANOVA pour évaluer les différences des variables continues entre les groupes de retraite, avec une correction de Bonferroni appliquée pour les comparaisons multiples. Des tests de Student ont été utilisés pour évaluer les différences *post-hoc* entre les groupes de retraite et pour évaluer les changements des variables continues au cours du suivi. Des tests de chi-2 ont été utilisés pour évaluer les différences des variables catégorielles en fonction du groupe de statut de la retraite. Les associations entre les changements d'activité physique et de sédentarité entre les différents statuts de la retraite ont été évaluées par des modèles linéaires généralisés. Les covariables incluaient le sexe, l'âge en 2001, le niveau d'éducation, le statut tabagique et l'activité physique au travail au début de l'étude si besoin. Pour toutes les analyses, le niveau de significativité a été fixé à 0,05 et tous les tests étaient bilatéraux. Toutes les analyses statistiques ont été réalisées avec SAS (version 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

- POPULATION SPECIFIQUE

Les sujets de l'étude sont des participants des cohortes SU.VI.MAX et SU.VI.MAX 2, pour lesquels les données d'activité physique et de sédentarité étaient disponibles pour 2001 et 2007. Comparées aux 12 741 sujets inclus initialement dans la cohorte entre 1994 et 1995, les analyses ont porté spécifiquement sur les sujets de 45 ans ou plus (pour avoir un âge d'inclusion similaire chez les hommes et chez les femmes), qui n'avaient pas été alités plus de quatre semaines dans l'année précédant le remplissage du questionnaire, et ceux ayant renseigné toutes les covariables utilisées dans les modèles multivariés, soit 2 841 participants (1 453 hommes et 1 388 femmes).

2. RESULTATS DE L'ETUDE

- COMPARAISON AVEC LES EXCLUS

La sous-population étudiée était différente de la population incluse dans SU.VI.MAX 2 mais non-incluse dans notre étude. Notre échantillon comportait plus d'hommes (51,1 vs. 36,2%, $p < 0,001$), plus de participants avec un diplôme universitaire (42,9 vs. 39,5%, $p < 0,001$), et ceux-ci avaient un IMC plus faible (24,3 kg/m² vs. 24,5 kg/m², $p = 0,03$) et étaient légèrement plus âgés au début de l'étude (57,0 ans vs. 55,2 ans, $p < 0,001$) (données non présentées sous forme de tableaux).

- ANALYSES DESCRIPTIVES TRANSVERSALES

29% de la population travaillait toujours en 2007, 31,4% des sujets avaient pris leur retraite entre 2001 et 2007 et enfin 39,6% étaient déjà retraités en 2001 (Tableau 5).

Au début de l'étude, les participants déjà retraités étaient principalement des hommes plus âgés et moins éduqués que ceux qui avaient un emploi (Tableau 5). De plus, ces retraités avaient un plus haut niveau d'activité physique de loisir, passaient plus de temps à regarder la télévision ainsi qu'à lire, et passaient environ deux fois plus de temps aux activités physiques de loisir (temps total, marche, jardinage) que les deux autres groupes (Tableau 7). Concernant ces activités de loisir désagrégées en 2001 ou en 2007, la Figure 19 montre que pour les dix activités les plus pratiquées, la marche de loisir et le jardinage arrivaient en tête (environ la moitié des participants), suivis de la natation, des exercices de gymnastique, du vélo de loisir et de la marche rapide (entre 10 et 20%), puis du jogging et de la randonnée (environ 10% des participants). Si l'on compare les différents groupes avec un même statut, on peut voir qu'en 2001, les participants qui allaient passer à la retraite regardaient plus la télévision et passaient

moins de temps physiquement actif au travail que ceux qui, à la fin de l'étude, ne seront toujours pas passés à la retraite ($p=0,005$ et $p=0,003$ respectivement) (Tableau 7). De même, en 2007, les participants qui venaient de passer à la retraite regardaient moins la télévision, utilisaient moins l'ordinateur, et passaient moins de temps à marcher ou jardiner pour les loisirs comparés aux participants à la retraite en 2001 ($p<0,001$, $p=0,006$, $p=0,011$ et $p=0,011$ respectivement).

Tableau 5 – Caractéristiques de la population d'étude selon le passage à la retraite

	Travaille encore en 2007	Passage à la retraite entre 2001 et 2007	Déjà retraité en 2001	p
N	1126	891	824	
Sexe (% homme)	38,3	55,6	64,0	<0,001
Âge (années)	53,1 (3,2)	57,1 (3,6)	62,3 (3,3)	<0,001
IMC (kg/m ²)	24,1 (3,5)	24,9 (3,5)	25,4 (3,4)	<0,001
Niveau d'éducation				
Primaire	14,5	17,3	22,9	<0,001
Secondaire	33,4	39,7	46,6	
Tertiaire	52,1	43	30,4	
Statut tabagique				
Jamais	50,9	50,8	49,3	0,075
Ancien fumeur	37,6	37,3	42,1	
Fumeur	11,5	11,9	8,6	

Les valeurs sont des moyennes ou des pourcentages (écart-type)

*Les valeurs de p proviennent d'une ANOVA ou d'un test de Chi-2

CHANGEMENT DE SEDENTARITE ET D'ACTIVITE PHYSIQUE EN SIX ANS

Entre le début et la fin de l'étude, le temps total de loisir sédentaire, de télévision et d'ordinateur a augmenté dans les trois groupes ($p<0,001$ pour chaque groupe, entre les valeurs de 2001 et celles de 2007) (Tableau 7). Les participants passés à la retraite entre 2001 et 2007 ont vu augmenter à la fois leur activité physique de loisir et domestique (tous les $p<0,01$, données non présentées). Pour les participants déjà passés à la retraite en 2001, le temps passé dans les activités physiques de loisir totales et modérées a diminué ($p<0,005$, données non présentées).

Le temps total d'activité sédentaire de loisir, les temps de télévision et d'ordinateur a beaucoup augmenté chez les participants passés à la retraite entre 2001 et 2007 en comparaison des deux autres groupes. Les activités physiques de loisir (sauf la natation et le vélo) ont augmenté dans une plus grande mesure chez les participants passés à la retraite entre 2001 et 2007 en comparaison des deux autres groupes. Si l'on compare les participants qui ne sont pas passés à la retraite en 2007 et ceux déjà à la retraite en 2001, il n'a pas été possible

d'observer de différences significatives pour les changements de comportements sédentaires pendant les loisirs. Par contre, les changements dans les activités physiques modérées de loisir étaient significativement plus importants pour les participants qui ne sont pas passés à la retraite en 2001 et 2007 en comparaison de ceux déjà passés à la retraite en 2001.

Les associations ajustées sur l'âge sont concordantes avec les modèles multivariés étudiant les groupes de retraites correspondants et ajustés en plus sur le niveau d'éducation, le statut tabagique et le temps initial de comportement sédentaire ou le niveau d'activité physique (Tableau 6).

Tableau 6 - Relations entre les changements dans le temps passé dans les comportements sédentaires ou les activités physiques en relation avec le statut de retraite entre 2001 et 2007 (régressions linéaires multivariées)

	Travaille encore en 2007*		Passage à la retraite entre 2001 et 2007		Déjà retraité en 2001	
	β	p	β	p	β	p
Comportements sédentaires						
Loisirs sédentaires totaux	-	-	3,61	<0,001	0,99	0,23
Télévision pendant les loisirs	-	-	1,43	<0,001	-0,10	0,84
Ordinateur pendant les loisirs	-	-	1,65	<0,001	0,59	0,18
Lecture pendant les loisirs	-	-	0,48	0,11	-0,06	0,89
Assis au travail	-	-	-14,24	<0,001	-	-
Assis pendant les activités domestiques	-	-	1,21	0,01	0,40	0,53
Activité physique						
Loisirs totaux	-	-	2,08	<0,001	0,89	0,009
Loisirs modérés	-	-	1,65	<0,001	0,95	0,002
Loisirs intenses	-	-	0,18	0,06	-0,15	0,24
Travail	-	-	-10,47	<0,001	-	-
Utilitaire	-	-	4,57	<0,001	3,26	0,0002

Les coefficients bêtas proviennent de régressions linéaires avec chaque comportement sédentaire ou activité physique en variable à expliquer et le statut de retraite pendant l'étude comme variable explicative, modélisé en trois catégories. Les modèles ont été ajustés sur l'âge, le sexe, le niveau d'éducation, le statut tabagique et sur la valeur de la variable à expliquer au début du suivi.

* : référence

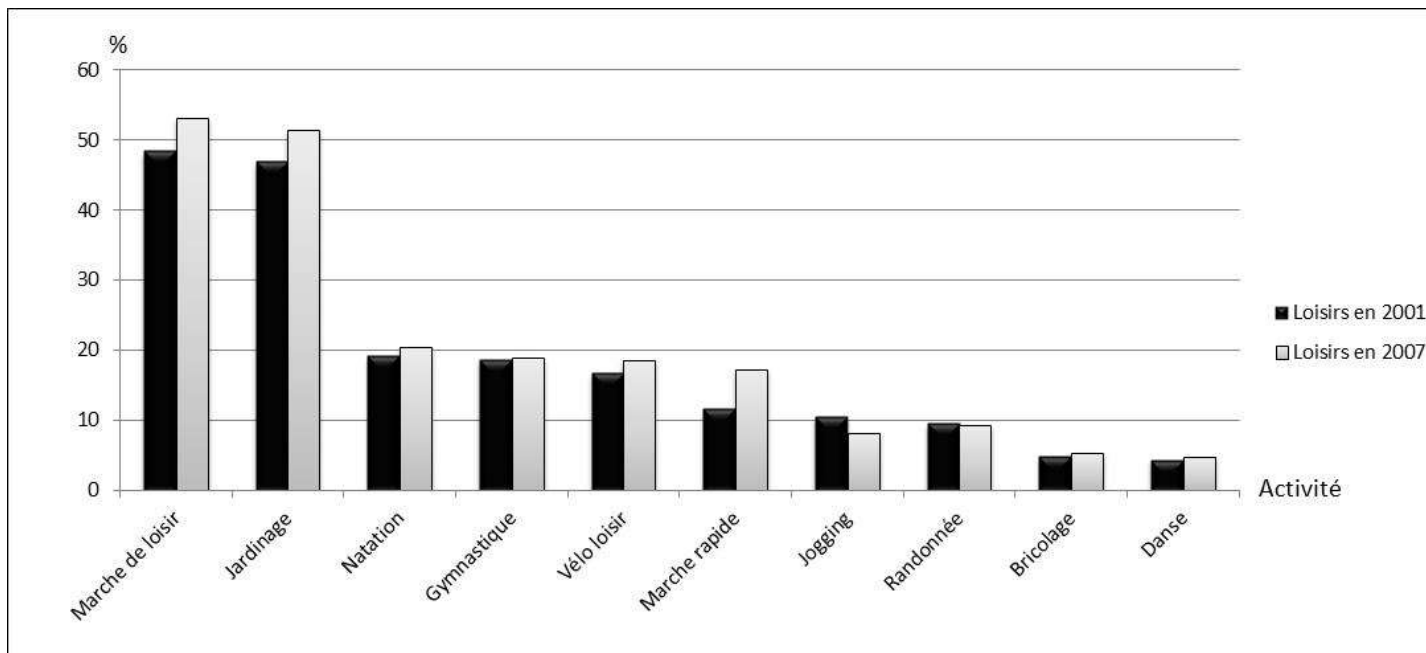


Figure 19- Pratique des activités de loisir les plus rapportées en 2001 et 2007

Tableau 7 – Comportements sédentaires et activité physique au début de l'étude (2001) et changements pendant les 6 ans de suivi

	Début de l'étude				Changements			
	Travaille encore en 2007	Passage à la retraite entre 2001 et 2007	Déjà retraité en 2001	p*	Travaille encore en 2007†	Passage à la retraite entre 2001 et 2007††	Déjà retraité en 2001†††	p *
n	1126	891	824		1126	891	824	
Comportements sédentaires (h/semaine)								
Loisirs sédentaires totaux	21,8 (10,7)	23,3 (11,4)	28,9 (12,1)	<0,001 ^{b,c}	4,7 (0,35)	8,4 (0,42)	4,2 (0,41)	<0,001 ^{a,b}
Télévision pendant les loisirs	12,8 (8,2)	13,9 (8,0)	17,9 (9,2)	<0,001 ^{a,b,c}	1,5 (0,19)	3,0 (0,24)	0,9 (0,27)	<0,001 ^{a,b}
Ordinateur pendant les loisirs	2,1 (4,0)	2,3 (4,5)	2,6 (5,0)	0,047 ^c	2,5 (0,17)	4,1 (0,24)	2,8 (0,21)	<0,001 ^{a,b}
Lecture pendant les loisirs	7,1 (5)	7,1 (5,3)	8,5 (5,6)	0,017 ^{b,c}	0,6 (0,19)	1,3 (0,22)	0,4 (0,20)	0,006 ^b
Assis au travail	16,9 (13,3)	14,2 (13,0)	-	<0,001 ^a	-1,7 (0,31)	-14,2 (0,45)	-	<0,001 ^a
Assis pendant les tâches utilitaires	1,8 (4,9)	2,3 (8,0)	4,8 (9,9)	<0,001 ^{b,c}	0,3 (0,26)	1,81 (0,42)	-1,1 (0,53)	<0,001 ^{b,c}
Activité physique (h/semaine)								
Loisirs totaux	3,4 (3,9)	3,6 (4,2)	6,7 (6,6)	<0,001 ^{b,c}	0,7 (0,11)	2,5 (0,18)	-0,6 (0,23)	<0,001 ^{a,b,c}
Loisirs modérés	2,7 (3,6)	3,0 (3,9)	5,7 (6,3)	<0,001 ^{b,c}	0,3 (0,11)	1,7 (0,17)	-0,7 (0,22)	<0,001 ^{a,b,c}
Loisirs intenses	0,6 (1,5)	0,6 (1,4)	0,9 (2,1)	0,045 ^{b,c}	0,1 (0,06)	0,4 (0,06)	-0,1 (0,07)	<0,001 ^{a,b}
Marche	0,8 (1,5)	0,9 (1,7)	1,6 (2,2)	<0,001 ^{b,c}	0,3 (0,08)	0,9 (0,09)	0,1 (0,09)	<0,001 ^{a,b}
Jardinage	0,7 (1,7)	0,9 (1,9)	2,0 (3,7)	<0,001 ^{b,c}	0,2 (0,05)	0,7 (0,09)	-0,1 (0,13)	<0,001 ^{a,b}
Nage	0,1 (0,3)	0,1 (0,3)	0,1 (0,4)	0,50	0,006 (0,01)	0,04 (0,01)	-0,03 (0,01)	0,002 ^b
Vélo	0,2 (0,6)	0,2 (0,7)	0,3 (1,1)	0,043 ^{b,c}	0,04 (0,02)	0,1 (0,05)	-0,05 (0,03)	0,01 ^b
Travail	14,1 (13,5)	14,1 (13,3)	-	0,78	-3,4 (0,56)	-14,1 (0,46)	-	<0,001 ^a
Utilitaire	7,6 (8,5)	6,6 (7,3)	9,1 (10,0)	<0,001 ^{b,c}	-0,7 (0,33)	3,6 (0,49)	-0,1 (0,67)	<0,001 ^{a,b}

Les valeurs sont des moyennes (écart-type).

*: l'ANOVA a été ajusté sur le sexe et l'âge

a : les comparaisons entre les participants non retraités en 2007 et ceux passés à la retraite entre 2001 et 2007 sont significativement différentes (p<0.05)

b : les comparaisons entre les participants qui sont passés à la retraite entre 2001 et 2007 et ceux déjà retraités en 2001 sont significativement différentes (p<0.05)

c : les comparaisons entre les participants qui ne sont pas retraités en 2007 et ceux déjà retraités en 2001 sont significativement différentes (p<0.05)

† : excepté pour l'activité physique de loisir intense et la nage, toutes les valeurs de changement sont significativement différentes de 0

• ASSOCIATIONS ENTRE LES CHANGEMENTS DE
COMPORTEMENT SEDENTAIRE ET LES CHANGEMENTS
D'ACTIVITE PHYSIQUE ENTRE 2001 ET 2007

Chez les participants qui ne sont pas passés à la retraite en 2007, les changements du temps passé devant la télévision étaient positivement corrélés aux changements d'activité physique au travail ($p=0,04$) (Tableau 8). Dans le même groupe, les changements de temps passé dans le cadre des activités physiques de loisir totales et modérées étaient négativement associés avec les changements de temps passé à regarder la télévision ($p=0,02$ et $p=0,02$ respectivement). Aucune association n'a été mise en évidence pour les sujets qui sont passés à la retraite entre 2001 et 2007 (Tableau 9). Pour les sujets déjà à la retraite en 2001, seul le temps assis pendant les activités domestiques était associé à l'activité physique pratiquée pendant ce même temps (Tableau 10).

Tableau 8 - Associations entre les changements de temps passé aux comportements sédentaires (variables dépendantes) et les changements de temps passé en activité physique (variables d'expositions) pendant les 6 ans de suivi pour les sujets non retraités en 2007

Activité physique (h/semaine)	Télévision pendant les loisirs		Ordinateur pendant les loisirs		Lecture pendant les loisirs		Assis au travail		Assis pendant les taches utilitaires	
	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p
Loisirs totaux	-0,04	0,02	0,01	0,50	-0,01	0,66	-0,04	0,52	-0,11	0,22
Loisirs modérés	-0,04	0,02	0,02	0,31	0,03	0,23	-0,07	0,27	-0,12	0,18
Loisirs intenses	-0,04	0,10	0,01	0,69	-0,03	0,39	-0,10	0,38	-0,19	0,31
Travail	0,02	0,04	0,002	0,82	0,02	0,13	-0,03	0,53	-0,01	0,87
Utilitaire	0,08	0,02	0,01	0,70	-0,01	0,84	0,20	0,001	0,05	0,046

Les coefficients β proviennent de régressions linéaires avec chaque comportement sédentaire en variable à expliquer. Les modèles ont été ajustés sur l'âge, le sexe, le niveau d'éducation, le statut tabagique, l'activité physique au début du suivi et la valeur de la variable à expliquer au début du suivi.

Tableau 9 - Associations entre les changements de temps passé aux comportements sédentaires (variables dépendantes) et les changements de temps passé en activité physique (variables d'expositions) pendant les 6 ans de suivi pour les sujets passés à la retraite entre 2001 et 2007

Activité physique (h/semaine)	Télévision pendant les loisirs		Ordinateur pendant les loisirs		Lecture pendant les loisirs		Assis au travail		Assis pendant les taches utilitaires	
	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p
Loisirs totaux	-0,01	0,45	-0,01	0,58	0,003	0,73	-	-	-0,002	0,97
Loisirs modérés	0,01	0,41	-0,01	0,41	0,01	0,47	-	-	0,02	0,79
Loisirs intenses	-0,05	0,02	-0,02	0,34	-0,02	0,17	-	-	-0,16	0,41
Utilitaire	0,04	0,31	0,06	0,16	-0,02	0,50	-	-	0,01	0,62

Les coefficients β proviennent de régressions linéaires avec chaque comportement sédentaire en variable à expliquer. Les modèles ont été ajustés sur l'âge, le sexe, le niveau d'éducation, le statut tabagique, l'activité physique au début du suivi et la valeur de la variable à expliquer au début du suivi.

Tableau 10 - Associations entre les changements de temps passé aux comportements sédentaires (variables dépendantes) et les changements de temps passé en activité physique (variables d'expositions) pendant les 6 ans de suivi pour les sujets retraités en 2001

Activité physique (h/semaine)	Télévision pendant les loisirs		Ordinateur pendant les loisirs		Lecture pendant les loisirs		Assis au travail		Assis pendant les tâches utilitaires	
	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p
Loisirs totaux	0,01	0,27	0,01	0,47	0,01	0,46	-	-	0,02	0,74
Loisirs modérés	0,01	0,15	<0,001	0,99	0,01	0,51	-	-	0,02	0,79
Loisirs intenses	0,003	0,88	0,02	0,20	0,003	0,84	-	-	0,10	0,57
Utilitaire	-0,02	0,71	-0,05	0,19	0,004	0,88	-	-	0,12	<0,001

Les coefficients β proviennent de régressions linéaires avec chaque comportement sédentaire en variable à expliquer. Les modèles ont été ajustés sur l'âge, le sexe, le niveau d'éducation, le statut tabagique, l'activité physique au début du suivi et la valeur de la variable à expliquer au début du suivi.

- ASSOCIATION ENTRE COMPORTEMENTS SEDENTAIRES, ACTIVITE PHYSIQUE ET STATUT DE LA RETRAITE

Il n'existait pas de différence de changement de comportement sédentaire entre les participants qui ont travaillé entre 2001 et 2007 et ceux qui étaient déjà passés à la retraite en 2001 (Tableau 6). Cependant, on observe que le passage à la retraite entre 2001 et 2007 était associé à un changement de temps de télévision, d'ordinateur et assis pendant les activités domestique plus important comparé aux individus qui ont travaillé pendant cette période. Concernant les changements d'activité physique, ceux-ci étaient plus faibles (loisir total, modéré ou utilitaire) chez les participants qui ont travaillé entre 2001 et 2007 comparé à ceux déjà passés à la retraite en 2001, soit qui étaient passés à la retraite entre 2001 et 2007.

3. DISCUSSION

Dans cette étude chez des adultes français, nous avons étudié les changements sur six ans des comportements sédentaires et de l'activité physique en relation avec le passage à la retraite, de même que les relations entre ces changements de sédentarité avec ceux de l'activité physique. Tous les participants ont augmenté leur niveau de comportement sédentaire entre 2001 et 2007, mais ceux passés à la retraite entre 2001 et 2007 ont montré les plus grands changements. Ceux-ci avaient également le temps d'activité physique de loisir le plus important. Les participants déjà retraités en 2001 étaient ceux qui dépensaient le plus de temps en comportement sédentaire, en activité physique de loisir et domestique. Enfin, le temps d'activité physique de loisir était inversement associé avec le temps passé devant la télévision chez les participants qui n'étaient pas passés à la retraite en 2007. Ces résultats prolongent ceux de l'étude de Touvier et al. qui portait sur les changements de comportement

sédentaire et d'activité physique sur trois ans chez des sujets issus de la même cohorte (Touvier et al. 2010).

Chez les participants passés à la retraite entre 2001 et 2007, il est intéressant de noter que la moyenne d'augmentation du temps total de comportement sédentaire était environ trois fois plus élevée (+8,4 h/semaine) que la moyenne d'augmentation de l'activité physique de loisir (+2,5 h/semaine). L'augmentation la plus importante de temps de comportement sédentaire pendant les loisirs concernait le temps passé devant l'ordinateur comparé au temps passé à lire et à regarder la télévision.

Ce changement de comportement semble en phase avec l'expansion rapide de l'utilisation des ordinateurs et d'Internet dans différentes populations françaises pendant cette période (2001-2007). Ceci souligne l'importance d'évaluer les différentes dimensions des comportements sédentaires et pas seulement de la télévision, qui est elle-même connue pour augmenter avec le passage à la retraite (Evenson et al. 2002, Touvier et al. 2010).

L'intérêt principal était de regarder pour un événement majeur de la vie l'évolution de l'activité physique et de la sédentarité, problématique qui se cantonne majoritairement dans la littérature à s'intéresser aux unes ou aux autres de ces pratiques.

En plus des comportements sédentaires, cette étude est l'une des premières à avoir réalisé une évaluation détaillée des changements dans différents types d'activité physique de loisir chez des participants passant à la retraite (Barnett et al. 2013a). Chez les participants, l'augmentation de l'activité physique modérée (comme par exemple la marche ou le jardinage) a participé en moyenne pour les deux tiers à l'augmentation du temps total d'activité physique de loisir. Ceci est en accord avec les résultats des études précédentes dans lesquelles le passage à la retraite était associé avec une augmentation de la pratique sportive (Evenson et al. 2002), avec une augmentation d'un score d'activité physique total (Barnett et al. 2013a, Brown, Heesch and Miller 2009) ainsi qu'avec une augmentation de la proportion de participants qui atteignaient les recommandations d'activités physiques de l'OMS (Berger et al. 2005).

Il existe un certain nombre de raisons qui peuvent expliquer l'augmentation d'activité physique de loisir lors du passage à la retraite. Premièrement, le passage à la retraite est associé à une diminution des contraintes de temps au quotidien, ce qui signifie plus de temps disponible pour les sujets qu'ils peuvent donc consacrer par exemple à des activités physiques. Deuxièmement, les préoccupations pour la santé augmentent avec l'avancée en

âge, ce qui peut augmenter la motivation à la reprise ou l'augmentation de l'activité physique de loisir. Enfin le passage à la retraite peut permettre de mettre en place de nouvelles habitudes de vie et une nouvelle routine quotidienne et l'activité physique peut aussi favoriser les opportunités d'interactions sociales (Barnett, Guell and Ogilvie 2012a).

Au-delà des résultats descriptifs les associations entre activité physique et sédentarité ont permis de mettre en avant des résultats d'intérêt. Si l'on considère les participants qui n'étaient pas retraités en 2007, les changements de temps passé devant la télévision pendant les loisirs étaient associés différemment selon les changements de temps d'activité physique au travail (association positive) ou avec les changements de temps d'activité physique de loisir (association négative). L'association positive avec l'activité physique au travail pourrait être intuitivement interprétée comme un comportement compensatoire, expliqué par le besoin de se reposer en dehors du travail. L'association négative avec l'activité physique de loisir pourrait refléter les choix effectués en termes de budget-temps dans cette population de travailleur. Bien qu'il n'existe pas d'étude antérieure sur des associations similaires en longitudinal, des relations négatives transversales entre le temps passé devant la télévision et l'activité physique de loisir ont déjà été montrées (Kaleta and Jegier 2007, Sugiyama et al. 2007).

Si la retraite est une rupture nette entre une période de travail et de non-travail, nos données nous ont permis de regarder l'influence de cette rupture sur une large période de temps. En effet, nous avons pu comparer des comportements chez des personnes ayant un statut identique (travailleur ou retraité), mais avec un destin (en 2007) ou un passé (en 2001) différent. On a pu ainsi observer qu'en 2001, les participants qui allaient continuer à travailler jusqu'après 2007 passaient moins de temps devant la télévision et plus de temps assis au travail que ceux qui allaient passer à la retraite. C'est-à-dire que cela nous permet de mettre en évidence l'existence potentielle pour certains comportements sédentaires non pas d'une rupture nette, mais plus de changements graduels représentant une sorte de préparation à la retraite. Par ailleurs, nous avons pu observer qu'en 2007, les individus qui étaient récemment passés à la retraite avaient des comportements d'activité physique (loisir ou utilitaire) et de sédentarité (télévision, ordinateur, lecture, tâches domestiques assises) plus favorables à la santé que les participants à la retraite déjà depuis plus de six ans. Ceci pourrait indiquer soit qu'il existe un temps d'adaptation après le passage à la retraite, soit que les comportements se modifient progressivement à partir du passage à la retraite (ou une combinaison des deux).

Nous avons vu dans cet article que le passage à la retraite était marqué par de profonds changements des comportements, avec l'augmentation des comportements sédentaires et la baisse d'activité physique. Ces modifications sont néfastes pour la santé, dans une population qui devient de plus en plus sédentaire l'âge avançant. Si les relations entre activité physique et événements de santé dans les populations vieillissantes sont très étudiées, il n'en est pas de même pour la sédentarité. En effet, à la différence de SU.VI.MAX où les questionnaires permettent d'évaluer différents contextes de pratiques, la grande majorité des études existantes ne permet pas d'avoir une vision d'ensemble des relations entre événements de santé et prise en compte globale des comportements d'activité physique et de sédentarité.

Nous avons vu dans cet article que le passage à la retraite était marqué par de profonds changements dans les comportements, avec l'augmentation des comportements sédentaires et la baisse des niveaux d'activité physique. Ceci nous amène à nous interroger sur les conséquences sur la santé de telles modifications. C'est ce sujet que nous traiterons pour les paramètres cardiométaboliques dans l'article 3 et pour la somnolence diurne excessive dans l'article 4.

III. CHANGEMENTS DE COMPORTEMENTS SEDENTAIRES ET FACTEURS DE RISQUE CARDIOMETABOLIQUES : UNE ETUDE LONGITUDINALE CHEZ DES ADULTES FRANÇAIS

Article N°3

- OBJECTIFS DE L'ETUDE

Les objectifs de ce travail étaient, en utilisant les données longitudinales des études SU.VI.MAX et SU.VI.MAX 2, d'étudier les changements de trois comportements sédentaires de loisir (la télévision, l'ordinateur et la lecture) en relation avec les changements de différents facteurs de risque cardiométaboliques sur une période de six ans.

1. METHODES

- POPULATION SPECIFIQUE

Les sujets de l'étude étaient les participants des cohortes SU.VI.MAX et SU.VI.MAX 2, pour lesquels des données de sédentarité et d'activité physique étaient disponibles en 2001 et 2007, ainsi que des données sur différents facteurs de risque cardiométaboliques (IMC, pourcentage de masse grasse, tour de taille, tension artérielle systolique et diastolique, pression pulsée, glycémie, triglycérides, le cholestérol des lipoprotéines de haute/basse densité (HDL et LDL)) pendant la même période. Comparées aux 12 741 sujets inclus initialement dans la cohorte entre 1994 et 1995, les analyses ont porté spécifiquement sur les sujets de 45 ans ou plus (pour avoir un âge d'inclusion similaire chez les hommes et chez les femmes), qui n'avaient pas été alités plus de quatre semaines dans l'année précédant le remplissage du questionnaire, et ceux ayant renseigné toutes les covariables utilisées dans les modèles multivariés, soit 2 517 participants (1 311 hommes et 1 206 femmes).

- MESURES CLINIQUES ET BIOLOGIQUES

La taille, le poids, le tour de taille et le pourcentage de masse grasse ont été mesurés chez chaque participant en sous-vêtements et pieds nus. La taille a été mesurée à 0,5 cm près avec une toise murale. Le poids (kg) et le pourcentage de masse grasse (exprimée en pourcentage du poids corporel) ont été mesurés en utilisant un bio-impédancemètre de marque Tanita® TBF-300 (Tanita Corp., Tokyo, Japon). L'IMC (kg/m^2) a été calculé par le rapport du poids corporel (kg) divisé par la taille au carré (m^2). Le tour de taille a été mesuré chez le sujet en position debout à l'aide d'un mètre ruban inextensible à mi-distance entre le rebord costal inférieur et la crête iliaque sur la ligne médio-axillaire. La mesure de la pression artérielle (PA) a été effectuée une fois sur chaque bras, chez des participants qui avaient été préalablement couchés pendant 10 minutes, à l'aide d'un sphygmomanomètre standard à mercure. La moyenne des deux mesures a été utilisée pour les analyses. Lorsque la pression artérielle systolique (PAS) était strictement supérieure à 160 mm Hg et/ou si la pression artérielle diastolique (PAD) était strictement supérieure à 100 mm Hg, la PA était mesurée à nouveau après 5 minutes de repos, et la valeur la plus basse des deux PA était retenue pour les analyses (Hercberg et al. 1998). La pression pulsée (PP) a été calculée comme étant la valeur de la PAS moins la PAD.

Des prélèvements de sang veineux ont été réalisés le matin après un jeûne de 12 heures, et l'analyse de tous les échantillons a été centralisée. Les paramètres mesurés étaient : la glycémie à jeun, le cholestérol-HDL et les triglycérides en utilisant une méthode enzymatique (Advia 1650; Bayer Diagnostic, Puteaux, France). Le cholestérol des lipoprotéines de basse densité (cholestérol-LDL) a été calculé en utilisant la formule de Friedewald.

Nous avons utilisé les définitions du syndrome métabolique selon les critères du NCEP-ATPIII (Grundy et al. 2005) et selon les critères de la Fédération Internationale du Diabète (IDF) comme analyses de sensibilité (Alberti et al. 2009). Selon les critères du NCEP-ATPIII, le syndrome métabolique est basé sur la présence de trois ou plus des critères suivants : tour de taille ≥ 102 cm chez les hommes ou ≥ 88 cm chez les femmes ; PAS ≥ 130 mm Hg et/ou PAD ≥ 85 mm Hg, et/ou utilisation de médicaments antihypertenseurs ; de triglycérides $\geq 1,7$ mmol/l ; de HDL-cholestérol $< 1,03$ mmol/l chez les hommes et $< 1,3$ mmol/l chez les femmes ; glycémie sanguine à jeun $\geq 5,6$ mmol/l et/ou l'utilisation de médicaments antidiabétiques. Selon les critères IDF, le syndrome métabolique est basé sur la présence d'un tour de taille ≥ 94 cm chez les hommes et ≥ 80 cm chez les femmes avec deux ou plus des critères précédents, qui sont identiques à ceux fournis par la NCEP-ATPIII (à l'exception de la limite du tour de taille).

- COVARIABLES

Le sexe, la date de naissance et le niveau d'éducation ont été obtenus lors de l'inclusion à l'aide d'un questionnaire auto-administré. Le niveau d'éducation a été codé en trois catégories en fonction du diplôme le plus élevé (école primaire, lycée, université ou équivalent). Le statut tabagique (jamais fumé, ancien fumeur, fumeur actuel) a été évalué en septembre 1998 par un questionnaire distinct envoyé à l'ensemble de la cohorte.

- ANALYSES STATISTIQUES

Les variables de sédentarité et d'activité physique issues du MAQ ont été utilisées sous forme quantitative, en heures par semaine. Pour chaque participant, les changements de sédentarité et de facteurs de risque cardiométabolique entre 2001 et 2007 ont été calculés comme la valeur mesurée en 2007 soustraite de la valeur en 2001. Pour les analyses descriptives, les variables continues et catégorielles ont été décrites respectivement sous forme de moyenne \pm ET et des pourcentages. Des modèles linéaires généralisés (exprimés avec des bêtas, des intervalles de confiance (IC) à 95% et les valeurs p) ont été utilisés pour estimer les associations transversales entre les comportements sédentaires de loisir et les facteurs de

risque cardiométabolique au début de l'étude (2001), les associations entre les changements de sédentarité pendant les loisirs et les changements des facteurs de risque cardiométaboliques à la fin de l'étude, et pour les associations entre les données transversales avec des changements (sédentarité de loisir et facteurs de risque cardiométaboliques, ou inversement). Les facteurs de confusion potentiels ont été identifiés à l'aide d'analyses bivariées et de la littérature existante. Les covariables comprenaient l'âge, le sexe, le niveau d'éducation, le statut tabagique, le temps passé à des tâches physiques au travail au début de l'étude ainsi que le temps d'activité physique de loisir au début de l'étude. Les modèles multivariés sur la PA, la glycémie à jeun et les triglycérides ont été ajustés en plus sur l'IMC. Les modèles sur les changements de comportement sédentaire ou les changements de facteurs de risque cardiométaboliques ont été ajustés en plus sur les niveaux au début de l'étude des variables correspondantes. Des modèles de régression logistique multivariée (exprimés OR avec IC à 95%) ont été utilisés pour évaluer les associations entre les comportements sédentaires de loisir (temps de télévision, d'ordinateur et de lecture en h/semaine) initiaux et le syndrome métabolique à la fin de l'étude (après exclusion des participants qui avaient déjà un syndrome métabolique à l'inclusion). Les modèles ont été construits de façon indépendante, et par conséquent ne sont pas ajustés sur d'autres comportements sédentaires. Les participants prenant des médicaments spécifiques au facteur de risque étudié ont été exclus des analyses. Toutes les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel SAS (version 9.3, SAS Institute Inc, Cary, NC, USA).

2. RESULTATS DE L'ETUDE

- COMPARAISON ENTRE INCLUS ET LES EXCLUS

La sous-population étudiée était différente de la population incluse dans SU.VI.MAX 2 mais non-incluse dans cette étude. En effet, notre échantillon comprenait plus d'hommes (52,1 vs. 42,8%, $p < 0,001$), plus de participants avec un diplôme universitaire (35,9 vs. 46,0%, $p < 0,001$), et ceux-ci avaient un IMC plus faible (24,2 kg/m² vs. 23,9 kg/m², $p = 0,004$) et étaient plus âgés au début de l'étude (58,5 ans vs. 55,2 ans, $p < 0,001$).

- ANALYSES DESCRIPTIVES

L'âge moyen en 2001 était de 55,5 ans (Tableau 11). Plus d'un tiers de la population avait un diplôme universitaire ou un diplôme équivalent (35,9%). Les trois activités sédentaires de

loisir étudiées ont augmenté pendant la durée de l'étude, avec la plus grande augmentation pour l'ordinateur (+3,2 h/sem.). Les facteurs anthropométriques et le pourcentage de masse grasse ont augmenté pendant la durée de l'étude (tous $p < 0,001$), ainsi que la glycémie à jeun, les triglycérides, le cholestérol-LDL, le cholestérol-HDL ayant diminué (tous $p < 0,01$). En utilisant les définitions de la NCEP-ATPIII et de l'IDF, la prévalence du syndrome métabolique en 2001 était respectivement de 10,1% et 13,2%.

Tableau 11 - Caractéristiques [moyenne (ET) ou pourcentages] de la population d'étude (n=2517) en 2001 et les changements entre 2001 et 2007

Caractéristiques	2001	Changement (2007-2001)	p [*]
Âge en années	55,5 (4,9)		
Hommes	52,1		
Niveau d'éducation			
Primaire	22,3		
Secondaire	41,8		
Tertiaire	35,9		
Statut tabagique			
Jamais	46,2		
Ancien fumeur	42,0		
Fumeur	11,8		
Employé	40,6	-31,8	<0,001
Activité physique en h/sem,			
Loisirs	4,9 (5,5)	1,0 (0,1)	<0,001
Professionnelle	7,7 (12,7)	-5,8 (0,2)	<0,001
Sédentarité de loisir en h/sem,			
Télévision	15,6 (8,8)	1,9 (0,2)	<0,001
Ordinateur	2,4 (4,5)	3,2 (0,1)	<0,001
Lecture	7,8 (5,4)	0,7 (0,1)	<0,001
Syndrome métabolique			
NCEP-ATPIII	10,1	2,8	0,003
IDF	13,2	8,6	<0,001
Facteurs de risque cardiométaboliques[†]			
IMC en kg/m ²	24,9 (3,6)	0,56 (0,03)	<0,001
Pourcentage de masse grasse	27,7 (7,4)	0,8 (0,1)	<0,001
Tour de taille en cm	84,8 (11,6)	3,5 (0,1)	<0,001
PAS en mmHg	132 (15)	-0,3 (0,4)	0,35
PAD en mmHg	83 (9)	-3,5 (0,2)	<0,001
PP en mm Hg	49 (11)	2,13 (0,27)	<0,001
Glycémie en mmol/L	5,1 (0,7)	0,22 (0,02)	<0,001
Triglycérides en mmol/L	1,09 (0,58)	0,03 (0,01)	0,01

HDL-cholestérol en mmol/L	1,61 (0,42)	-0,03 (0,01)	<0,001
LDL-cholestérol en mmol/L	3,58 (0,82)	0,10 (0,02)	<0,001

*: p de test de Student t appariés ou de test de chi-2 de McNemar

†: les facteurs de risque cardiométaboliques n'ont pas été mesurés pour tous les participants à la visite de suivi. En conséquence, les tailles d'échantillon pour chaque facteur de risque avec deux mesures étaient : IMC=2 287; pourcentage de masse grasse=2 209; tour de taille=1 864; PAS=1 866; PAD=1 866; PP=1 866; glycémie=1 639; triglycérides=1 640; HDL-cholestérol=1 636; LDL-cholestérol=1 636.

IMC: indice de masse corporelle. TAS: tension artérielle systolique. BDP: tension artérielle diastolique. PP: pression pulsée. HDL: lipoprotéines de haute densité. LDL: lipoprotéines de faible densité. h/sem.: heures par semaine.

- ASSOCIATIONS BIDIRECTIONNELLES ENTRE LES
COMPORTEMENTS SEDENTAIRES DE LOISIR ET LES
FACTEURS DE RISQUE CARDIOMETABOLIQUES

En 2001, le temps de télévision pendant les loisirs était associé à tous les facteurs anthropométriques et biologiques dans un sens défavorable, excepté pour le cholestérol-HDL et le cholestérol-LDL (p=0,07 et p=0,09 respectivement) (Tableau 12). Les changements de télévision pendant les six ans de l'étude étaient significativement associés aux changements des indicateurs anthropométriques, mais pas des indicateurs biologiques (excepté le cholestérol-HDL). Si le temps passé devant la télévision en 2001 n'était pas associé au changement des facteurs de risque cardiométaboliques, l'IMC, le pourcentage de masse grasse, le tour de taille, la PAS, la PAD et les triglycérides en 2001 étaient eux associés de manière défavorable avec les changements de temps passé devant la télévision pendant les loisirs entre 2001 et 2007.

En 2001, le temps d'ordinateur pendant les loisirs était associé à tous les facteurs anthropométriques ainsi qu'aux triglycérides et au niveau de LDL-cholestérol dans un sens défavorable. Les changements d'ordinateur pendant les six ans de l'étude étaient significativement associés aux changements de tour de taille et de la PAD. Si le temps passé devant un ordinateur en 2001 n'était pas associé à au changement d'un quelconque facteur cardiométabolique, l'IMC, le tour de taille, les triglycérides et le LDL-cholestérol en 2001 étaient eux associés d'une manière défavorable avec les changements de temps passé devant un ordinateur pendant les loisirs entre 2001 et 2007. En 2001, le temps de lecture pendant les loisirs était associé aux facteurs anthropométriques, mais aucune autre relation transversale ou longitudinale n'a été retrouvée.

Dans les analyses explorant les relations entre facteurs de risque cardiométaboliques et le temps passé devant un ordinateur stratifiées sur le sexe, on observe que les relations

transversales entre comportement sédentaire et indicateurs anthropométriques étaient plus fortes chez les femmes (de deux à huit fois). De même, si dans les analyses sur les deux sexes on n'observait pas de relation entre temps passé devant un ordinateur au début de l'étude et variation de facteurs de risque cardiométaboliques pendant l'étude, on observe chez les femmes une relation significativement positive avec les changements d'IMC.

Tableau 12 - Associations transversales et longitudinales entre les différents comportements sédentaires et les facteurs de risque cardiométaboliques

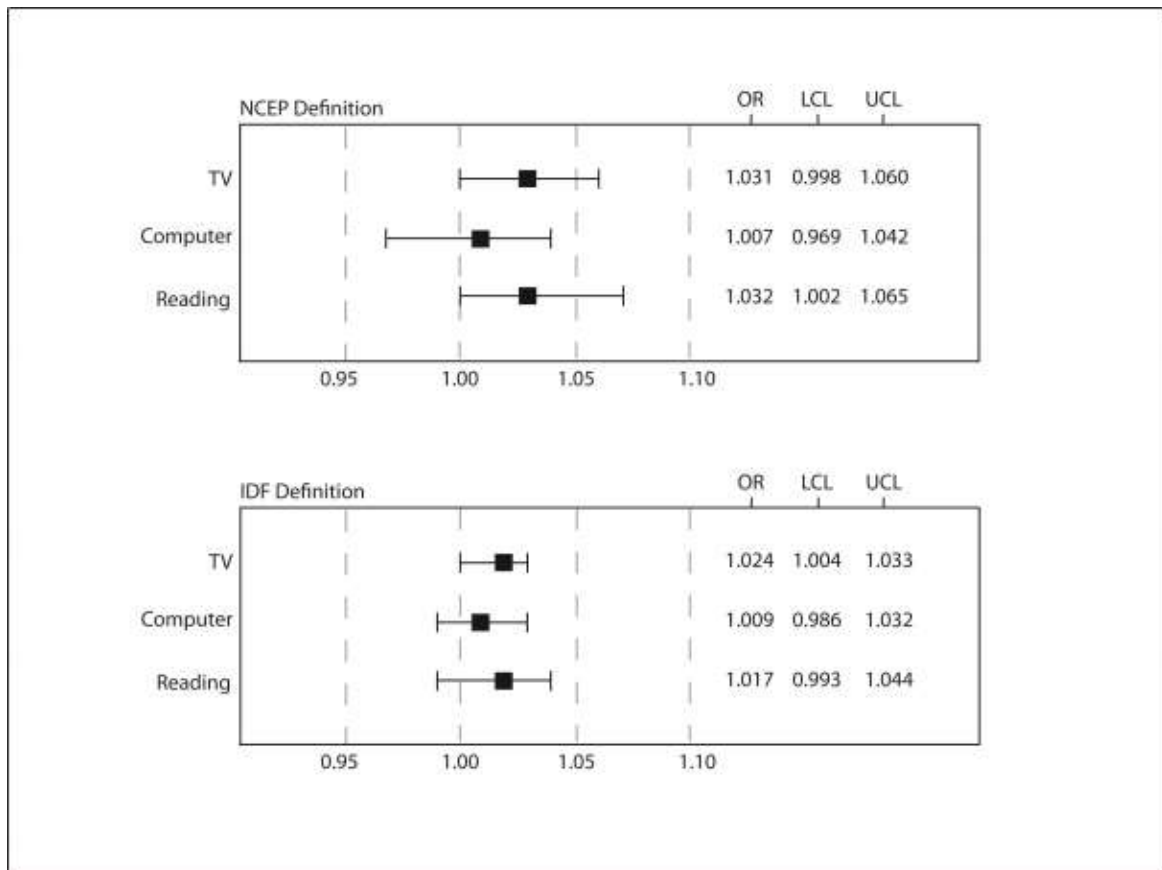
		Télévision				Ordinateur				Lecture			
		2001		Changement		2001		Changement		2001		Changement	
		β	p	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p
IMC (kg/m ²)	2001	0,06	<0,001	0,01	0,04	0,08	<0,001	0,02	0,01	0,04	0,003	-0,000	0,96
	Changement	0,004	0,31	0,02	0,001	-0,001	0,91	0,01	0,28	-0,01	0,09	-0,000	0,97
Pourcentage de masse grasse	2001	0,09	<0,001	0,03	0,01	0,12	<0,001	0,03	0,18	0,07	0,002	0,01	0,77
	Changement	0,01	0,07	0,04	<0,001	-0,01	0,65	0,01	0,60	-0,001	0,94	-0,001	0,94
Tour de taille (cm)	2001	0,17	<0,001	0,08	<0,001	0,20	<0,001	0,09	0,02	0,09	0,014	0,02	0,55
	Changement	0,02	0,28	0,04	0,06	-0,02	0,50	0,05	0,02	-0,03	0,20	-0,01	0,77
PAS (mm Hg)	2001	0,13	0,001	0,11	0,01	0,05	0,52	-0,01	0,93	0,09	0,55	0,08	0,27
	Changement	0,01	0,91	-0,04	0,52	-0,10	0,30	0,10	0,09	0,05	0,47	0,01	0,84
PAD (mm Hg)	2001	0,06	0,01	0,05	0,05	0,02	0,71	-0,04	0,45	0,01	0,79	0,03	0,47
	Changement	0,05	0,10	0,01	0,71	-0,02	0,77	0,10	0,01	0,02	0,72	0,05	0,31
PP (mm Hg)	2001	0,07	0,02	0,06	0,06	0,03	0,58	0,03	0,61	0,03	0,56	0,05	0,38
	Changement	-0,03	0,42	-0,05	0,27	-0,09	0,20	-0,001	0,98	0,05	0,39	-0,03	0,54
Glycémie (mmol/L)	2001	0,002	0,01	0,03	0,09	0,002	0,39	0,002	0,50	-0,003	0,16	-0,001	0,71
	Changement	0,003	0,13	-0,001	0,67	-0,000	0,91	0,000	0,92	0,002	0,49	0,000	0,94
Triglycérides (mmol/L)	2001	0,004	0,003	0,004	0,03	0,01	0,009	0,01	0,02	0,003	0,15	0,004	0,16
	Changement	0,001	0,19	0,0001	0,99	0,002	0,17	0,000	0,92	-0,000	0,81	-0,001	0,57
HDL-cholestérol (mmol/L)	2001	-0,002	0,07	-0,001	0,25	-0,002	0,20	-0,002	0,36	0,001	0,55	0,002	0,28
	Changement	4,10 ⁻⁵	0,96	-0,002	0,02	5,10 ⁻⁵	0,97	-0,001	0,22	0,002	0,13	-0,002	0,06
LDL-cholestérol (mmol/L)	2001	0,004	0,09	0,001	0,74	0,02	<0,001	0,02	0,002	0,003	0,46	0,003	0,54
	Changement	-4,10 ⁻⁴	0,44	0,01	0,04	-0,002	0,67	-0,000	0,92	0,006	0,07	-0,001	0,83

*: les modèles ont été ajustés sur l'âge, le sexe, le niveau d'éducation, le tabagisme, le temps passé à faire de l'activité physique modérée à intense au travail en 2001, le temps passé à faire de l'activité physique de loisir en 2001 et sur l'IMC pour les variables à expliquer non anthropométriques. Les participants qui ont déclaré une médication pour l'hypertension artérielle, le diabète ou la dyslipidémie ont été exclus des analyses correspondantes.

- ASSOCIATIONS ENTRE COMPORTEMENT
SEDENTAIRE DE LOISIR ET SYNDROME
METABOLIQUE

Dans les analyses transversales, un plus grand temps de télévision a été associé avec une prévalence plus élevée de syndrome métabolique, quelle que soit la définition utilisée (définition de l'IDF : OR=1,03, IC à 95% [1,02 ; 1,05] $p<0,001$; définition NCEP-ATPIII: OR=1,03, IC à 95% [1,01 ; 1,05] $p=0,003$) ; de même plus les individus passaient de temps devant un ordinateur, plus la probabilité d'avoir un syndrome métabolique était élevée (pour la définition NCEP-ATPIII, OR=1,04, IC à 95% [1,01 ; 1,07] $p<0,001$). En revanche, le temps de lecture n'était pas associé dans ces en analyses transversales avec la présence du syndrome métabolique.

Dans les analyses longitudinales, un temps plus important passé devant la télévision était associé avec une augmentation du risque de développer un syndrome métabolique en utilisant la définition de l'IDF ; pour la définition NCEP-ATPIII, la significativité n'était pas atteinte ($p=0,07$) (Figure 20). En revanche, aucune association n'a été retrouvée pour le temps passé devant un ordinateur, quelle que soit la définition du syndrome métabolique. Enfin, le temps passé à lire en 2001 pendant les loisirs était associé à une augmentation du risque de développer un syndrome métabolique selon la définition NCEP-ATPIII, mais pas selon la définition IDF.



* : les modèles ont été ajustés sur l'âge, le sexe, le niveau d'éducation, le tabagisme, le temps passé à faire de l'activité physique modérée à intense au travail en 2001, le temps passé à faire de l'activité physique de loisir en 2001. LCL: limite inférieure de l'intervalle de confiance à 95%, UCL: limite supérieure de l'intervalle de confiance à 95%. Les participants présentant un syndrome métabolique au début de l'étude ont été exclus des analyses. Les degrés de significativité pour la définition NCEP-ATPIII étaient de $p = 0,07$ pour la télévision, $p = 0,21$ pour l'ordinateur et $p = 0,04$ pour la lecture. Les degrés de significativité pour la définition de l'IDF étaient de $p = 0,02$ pour la télévision, $p = 0,37$ pour ordinateur et $p = 0,28$ pour la lecture. TV : télévision. Computer : ordinateur. Reading : lecture.

Figure 20 - Odd ratios (IC à 95%) pour l'association entre une augmentation d'une heure de temps passé devant la télévision, l'ordinateur ou à lire pendant les loisirs en 2001 (h/sem.) et l'incidence de syndrome métabolique en 2007, selon la définition NCEP-ATPIII et IDF

3. DISCUSSION

Cette étude a montré qu'une augmentation d'une heure de télévision ou de lecture par semaine était associée avec une augmentation six ans après de 2 à 3% du rapport des risques de syndrome métabolique, alors que cette augmentation n'est pas retrouvée pour l'ordinateur. Ces associations étaient indépendantes de l'âge, du sexe, du niveau d'éducation, du statut tabagique et de l'activité physique de travail et de loisir.

Ces résultats prolongent ceux d'une étude précédente sur le risque de syndrome métabolique de 1998 à 2001 chez ces sujets (Bertrais et al. 2005), et apportent de nouveaux éléments sur les relations entre comportements sédentaires et facteurs de risque cardiométaboliques, au niveau de chaque domaine, dans un objectif de prévention spécifique pour chaque individu.

Cette étude est la première qui a regardé de façon prospective l'association entre plusieurs domaines des comportements sédentaires et le syndrome métabolique. Gennuso et al. ont observé lors d'analyses transversales portant sur 5 000 adultes américains une association dose-réponse linéaire entre la sédentarité mesurée par accélérométrie et le syndrome métabolique (Gennuso et al. 2015). Ces auteurs ont rapporté qu'une heure de sédentarité par jour de plus était associée avec un risque supplémentaire de syndrome métabolique de 9%. Les différences entre cette étude et la nôtre peuvent être expliquées par les différents desseins expérimentaux des études. L'imprécision inhérente aux mesures subjectives de la sédentarité, à savoir le nombre d'heures d'activité sédentaire mesurées peut aussi participer. Cette imprécision peut mener à une diminution des effets apparents de l'activité sur les événements de santé due au biais de la dilution de régression (Frost and Simon 2000).

Comme dans notre étude, les comportements sédentaires (avec des mesures objectives ou subjectives) ont été associés aux facteurs de risque cardiométaboliques dans plusieurs études transversales (Dunstan et al. 2005, Ford et al. 2005, Gao et al. 2007, Lahjibi et al. 2013), ajoutant de la plausibilité scientifique à nos résultats longitudinaux concernant le syndrome métabolique.

Bien qu'utiliser un ordinateur pendant les loisirs n'ait pas été associé au risque de syndrome métabolique dans les analyses longitudinales, nous avons trouvé lors des analyses transversales que celui-ci était associé d'une manière défavorable avec l'IMC, le pourcentage de masse grasse, le tour de taille, les triglycérides et le LDL-cholestérol. On

peut se poser la question de savoir si les différences d'association entre regarder la télévision et utiliser un ordinateur en relation avec le syndrome métabolique sont dues à un effet différent sur la physiologie humaine ou sont causées par un manque de puissance statistique. Dans notre étude, les participants ont passé six fois et demie plus de temps pendant leurs loisirs devant la télévision que devant leur ordinateur. Enfin, il a été montré que le temps passé devant la télévision était associé à une augmentation de l'apport énergétique et des troubles du sommeil (Braude and Stevenson 2014, Chapman et al. 2012), association encore non étudiée avec le temps passé devant un ordinateur chez les adultes. Les publications actuelles sur les comportements sédentaires durant les loisirs portent essentiellement sur le temps de télévision, le temps global d'écran ou le temps passé assis. Il existe très peu d'études explorant les associations entre le temps passé devant un ordinateur ou à lire et les facteurs de risque cardiométaboliques, les études existantes étant le plus souvent transversales. Par exemple Nang et al. ont récemment montré plusieurs associations significatives entre une variable composite de temps ordinateur et de temps de lecture et la pression artérielle sur 3 305 adultes de Singapour (moyenne d'âge 47,1 ans) (Nang et al. 2013). En outre, des articles axés sur les associations avec le temps d'écran lorsque le temps de télévision et d'ordinateur (séparément) étaient disponibles ou les comportements sédentaires de loisir agrégés lorsque le temps de lecture était disponible suggèrent que ces résultats étaient pour la plupart non significatifs (Aadahl, Kjaer and Jorgensen 2007, Bertrais et al. 2005, Chau et al. 2014, Chen, Pang and Li 2009, Ford et al. 2005, Kim et al. 2013, Sisson et al. 2009).

Nous avons montré que l'augmentation du temps passé devant la télévision en six ans était significativement associée à des changements défavorables de l'IMC, du pourcentage de masse grasse et du tour de taille. Ces résultats prolongent les informations déjà apportées par les études transversales. De tels résultats, qui portent sur une variable d'exposition modélisée en fonction du changement d'une variable dépendante, sont moins enclins à des biais de confusion que ne le sont les modèles classiques étudiant une association transversale. De ce fait, leur utilisation permet de renforcer la preuve du lien de causalité. Cela se justifie par le fait que, pour qu'un facteur de confusion persiste dans un modèle sur les changements, il est nécessaire que le changement du facteur de confusion varie d'une manière similaire à celle de la variable d'exposition dans le temps. Cependant, le modèle statistique ne fournit pas de plus forte inférence de la direction de l'association que ne le fait un modèle longitudinal. Une seule étude a fait rapport sur les

relations entre les changements de comportement sédentaire et des changements dans les facteurs de risque cardiométaboliques avec l'avancée en âge (Wijndaele et al. 2010). Ces auteurs ont utilisé un échantillon de 3 846 adultes australiens et ont trouvé des associations positives significatives sur cinq ans de suivi entre les changements de temps passé à regarder la télévision et les changements de tour de taille ou un score composite de syndrome métabolique chez les femmes. Nos résultats étendent la conclusion de ces auteurs à l'IMC et au pourcentage de masse grasse, et ajoutent des preuves supplémentaires pour étayer l'hypothèse selon laquelle le temps passé à regarder la télévision peut prédire l'apparition du syndrome métabolique plusieurs années plus tard. À l'inverse, nous avons constaté que les valeurs initiales de l'IMC, du pourcentage de masse grasse et du tour de taille pourraient prédire les changements de temps devant un écran (temps à regarder la télévision ou à utiliser un ordinateur) pendant les loisirs. Ces observations sont cohérentes avec les résultats d'études antérieures qui ont indiqué que certains facteurs anthropométriques (poids, IMC, obésité) étaient prospectivement associés avec le temps passé assis (Ekelund et al. 2008), avec mode de vie sédentaire (Mortensen et al. 2006) ou avec des niveaux d'activité physique réduits (Golubic et al. 2013, Lakerveld et al. 2011, Mortensen et al. 2006).

Nos analyses longitudinales n'ont identifié que peu d'associations entre les comportements sédentaires de loisir et les facteurs de risque cardiométaboliques biologiques. Des études expérimentales antérieures ont montré que les voies physiologiques pourraient être médiées par des comportements sédentaires, qui impliqueraient la régulation de la lipoprotéine lipase et la résistance à l'insuline, indépendamment des niveaux d'activité physique (Bergouignan et al. 2011, Hamilton, Hamilton and Zderic 2007). Cependant, l'association longitudinale observée entre regarder la télévision et les indicateurs anthropométriques (mais pas avec les facteurs de risque biologiques) soulève la question de la causalité entre la télévision, les indicateurs anthropométriques et les facteurs de risque biologiques. Si l'on considère qu'il existe une relation entre comportements sédentaires et anthropométrie, et que l'anthropométrie a un effet sur les facteurs de risque cardiométaboliques biologiques, les associations directes (influence du temps passé assis ou à regarder la télévision sur les indicateurs anthropométriques) sont susceptibles d'être statistiquement plus puissantes que ne le sont les associations indirectes (à savoir l'influence du temps passé assis et à regarder la télévision sur les facteurs de risque biologiques).

Basé sur cette hypothèse, si les relations sont suffisamment fortes en analyses transversales pour permettre des résultats significatifs pour les associations avec des facteurs de risque anthropométriques et biologiques, la faible variabilité du risque de maladie cardiométabolique en six ans et l'instabilité potentielle des comportements tels que regarder la télévision, utiliser un ordinateur ou la lecture ne permettent pas la création d'associations indirectes avec des facteurs de risque biologiques.

IV. EFFETS COMBINES DE L'ACTIVITE PHYSIQUE DE LOISIR ET DU COMPORTEMENT SEDENTAIRE DANS LA SOMNOLENCE DIURNE EXCESSIVE AU COURS DE L'AVANCEE EN AGE CHEZ LES ADULTES FRANÇAIS

Article N°4

- OBJECTIFS DE L'ETUDE

Les objectifs de cette étude transversale étaient d'étudier les effets de l'activité physique et de la sédentarité (indépendamment ou regroupé) avec la Somnolence Diurne Excessive (SDE) dans un échantillon d'adultes français.

1. METHODES

- POPULATION SPECIFIQUE

Les sujets de l'étude sont des participants de la cohorte SU.VI.MAX 2, pour lesquels étaient disponibles les données de sédentarité et d'activité physique en 2001 ainsi que les données sur la SDE (via une version française de l'échelle de sommeil d'Epworth). Les analyses ont porté spécifiquement sur les sujets de 45 ans ou plus (pour avoir une moyenne d'âge similaire chez les hommes et chez les femmes), et ceux ayant renseigné toutes les covariables utilisées dans les modèles multivariés, soit 4 941 participants.

- MESURES DE LA SDE

La SDE a été évaluée à partir de la version française de l'échelle de somnolence d'Epworth (ESS) (Johns 1991). Il s'agit d'un outil répandu, validé et fiable pour l'évaluation des SDE chez les adultes (Johns 1992, Kaminska et al. 2010). L'ESS comprend 8 items, servant à évaluer la possibilité de somnoler dans différentes situations/contextes, avec des réponses possibles allant de 0 (ne somnole jamais) à 3 (probabilité élevée de somnoler). Ainsi, le total du score peut varier de 0 à 24, un score plus élevé indiquant une propension accrue à somnoler pendant la journée. La SDE a été définie comme un score d'ESS > 10 (Johns 1991, Johns 1992).

- COVARIABLES

Le questionnaire sociodémographique administré dans le cadre de l'étude SU.VI.MAX 2 a fourni des informations sur le sexe, l'âge, le niveau d'éducation (primaire, secondaire et tertiaire), l'état matrimonial (marié-cohabitation/vivant seul), le statut d'emploi (retraité, travailleur ou personne au foyer), le statut tabagique (jamais, ancien fumeur, fumeur actuel) et d'anxiété («Êtes-vous ou avez-vous été traité pour des troubles anxieux? » Oui/Non). La consommation d'alcool en g/jour a été estimée à l'aide d'un questionnaire validé semi-quantitatif de fréquence alimentaire. Parallèlement à l'évaluation de la SDE, les participants ont également répondu à cinq questions oui/non sur leurs habitudes de sommeil/préoccupations : la satisfaction avec le sommeil, la difficulté d'endormissement, le réveil nocturne fréquent, l'utilisation de somnifères, et l'histoire personnelle de troubles du sommeil. Le poids corporel a été mesuré en utilisant la balance impédancemètre Tanita® TBF-300 (Tanita Corp., Tokyo, Japon). La taille a été mesurée à 0,5 cm près avec

une toise murale. L'IMC a ensuite été calculé comme étant le poids (en kg) divisé par la taille au carré (en m).

- ANALYSES STATISTIQUES

Les variables individuelles en fonction du statut de SDE sont présentées sous forme de pourcentages ou moyennes \pm ET. Des tests de chi-2 et des tests de Student ont été utilisés pour analyser les différences entre les variables individuelles. Nous avons calculé le temps d'activité physique total de loisirs (en h/semaine) et utilisé cette variable sous forme de quartiles. Le comportement sédentaire - par type et total - a également été modélisé en temps (h/semaine) puis en quartiles. Les analyses principales portaient sur l'association de la SDE avec: 1) les quartiles d'activité physique de loisirs, 2) les quartiles de temps sédentaire total, et 3) le rôle combiné de l'activité physique de loisir (dichotomisée) et sédentaire (dichotomisée) modélisées comme une variable à quatre catégories. La dichotomisation de l'activité physique de loisir a été effectuée à partir des recommandations de l'OMS pour les adultes¹¹ ($\pm 2,5$ h/semaine), et par la médiane de temps sédentaire (28,2 h / semaine).

Nous avons utilisé des régressions logistiques multivariées avec ajustement sur le sexe, l'âge, le niveau d'éducation, le statut professionnel, l'état matrimonial, l'IMC, le niveau d'anxiété, la satisfaction vis-à-vis du sommeil, la présence de réveils nocturnes, l'histoire personnelle de troubles du sommeil et l'intervalle (en mois) entre l'évaluation de l'activité physique de loisir et l'administration du questionnaire d'Epworth. En ce qui concerne le rôle de l'activité physique, nous avons également effectué une analyse de sensibilité après exclusion des personnes qui avaient déclaré avoir pris des médicaments pour dormir. Tous les tests étaient bilatéraux et un $p < 0,05$ a été considérée comme statistiquement significatif. Nous avons utilisé la version 9.3 de SAS (version 9.3, SAS Institute Inc, Cary, NC, USA).

2. RESULTATS DE L'ETUDE

- COMPARAISON ENTRE INCLUS LES EXCLUS

Des 6 850 adultes inclus dans l'étude SU.VI.MAX 2, ceux qui ont été exclus de la présente analyse (n = 2 671) étaient plus souvent des femmes, plus jeunes, plus

¹¹ http://www.sports.gouv.fr/IMG/pdf/2-1_recommandations_aps_oms.pdf

susceptibles de vivre seules, d'être des fumeurs, d'avoir un niveau d'éducation élevé et d'avoir un emploi. En outre, les personnes exclues avaient des niveaux inférieurs d'activité physique de loisirs, rapportaient plus de difficulté à s'endormir, étaient plus susceptibles d'avoir un historique de troubles du sommeil et d'utiliser des somnifères que ceux inclus dans l'étude (données non présentées).

- ANALYSES DESCRIPTIVES

L'âge moyen de notre échantillon était de 61,9 ans (ET = 6,1). Un total de 709 personnes (17%) était classé comme ayant une SDE. Les caractéristiques sociodémographiques selon le statut de SDE sont résumées dans le Tableau 13.

Tableau 13 - Caractéristiques des participants (N=4 179; 2007-2009) selon leur statut de l'échelle de sommeil d'Epworth (ESS)

	N	ESS ≤ 10 (n=3,470)	ESS > 10 (n=709)	P
Hommes	1,825	43,2	45,8	0,20
Âge (ans)	4,179	62,1 (6,0)	61,4 (6,1)	0,01
Niveau d'éducation				0,62
Primaire	632	15,0	15,8	
Secondaire	1,498	35,7	36,8	
Tertiaire	2,049	49,4	47,4	
Statut d'emploi				<0,001
Actif	1,262	29,0	36,3	
Retraité	2,539	9,5	6,8	
Personne au foyer	378	61,5	57,0	
Marié ou vivant en couple	3,523	83,9	86,3	0,11
Statut tabagique				0,53
Jamais	1,897	45,5	44,9	
Ancien	1,938	56,1	47,8	
Actuel	344	8,4	7,3	
Indice de Masse Corporelle (kg/m) ²	4,179	25,2 (3,9)	25,6 (4,1)	0,02
Grande quantité d'alcool ingéré (g/jour ^a)	661	16,1	14,7	0,36
Temps passé à regarder la télévision (h/semaine)	4,179	16,8 (16,5)	16,2 (15,5)	0,15
Temps passé sur un ordinateur (h/semaine)	4,179	5,2 (6,8)	6,1 (7,9)	0,004
Temps passé à lire (h/semaine)	4,179	8,2 (6,4)	7,9 (7,2)	0,29
Traitement contre l'anxiété (passé ou présent)	4,179	5,8	34,0	<0,001
Sommeil satisfaisant	2,993	73,2	64,0	<0,001
Difficulté à s'endormir	3,344	20,2	18,9	0,43
Réveils nocturnes fréquents	2,221	51,0	63,9	<0,001
Médication pour le sommeil	813	19,4	19,6	0,91
Historique de troubles du sommeil	839	18,9	26,1	<0,001
Activité physique totale de loisir (h/semaine)	4,179	5,6 (5,5)	4,8 (4,5)	<0,001

Les valeurs sont la moyenne (SD) ou le pourcentage avec des valeurs de p issues de tests de chi-2 ou de t de Student, le cas échéant.

a : Définie telle que > 30,0 g/j pour les hommes et > 20,0 g/j pour les femmes.

- ASSOCIATIONS ENTRE ACTIVITE PHYSIQUE DE LOISIR ET SDE

Dans les modèles bivariés, le temps d'activité physique de loisir était plus faible chez les personnes atteintes de SDE (Tableau 13). Les résultats des modèles de régression logistique multivariée - non ajustés et ajustés pour le sexe, l'âge, le niveau d'éducation, le statut professionnel, l'état matrimonial, l'IMC, les comportements sédentaires, l'anxiété, la satisfaction avec le sommeil, le réveil nocturne fréquent, l'histoire personnelle de troubles du sommeil, et l'intervalle entre l'évaluation de l'activité physique et l'administration de l'ESS - sont résumés dans le Tableau 14. Dans les modèles complets, l'activité physique de loisir totale était significativement et inversement associée avec la SDE (OR_{Q4} vs Q1 = 0,70, IC à 95% [0,54 ; 0,89]). Afin de tester la robustesse de nos analyses, nous avons réajusté les modèles après exclusion des participants qui avaient déclaré avoir pris des somnifères (n=811). La grande majorité de ces médicaments appartenait à la famille des benzodiazépines. Les résultats de cette analyse de sensibilité sont présentés au Tableau 15. Dans ces modèles, l'association inverse significative avec l'activité physique de loisir restait significative (OR_{Q4} vs Q1 = 0,72, IC à 95%: [0,54 ; 0,95]).

Tableau 14 - Analyse en régression logistique de l'association entre somnolence diurne excessive (ess > 10) et quartiles de temps d'activité physique de loisir (n = 4 179)

	Modèle 1 ^a	Modèle 2 ^b	Modèle 3 ^c
Activité physique de loisir totale			
Quartile 1	1	1	1
Quartile 2	0,89 (0,72-1,11)	0,91 (0,73-1,14)	0,91 (0,73-1,14)
Quartile 3	0,80 (0,64-0,99)	0,85 (0,67-1,06)	0,85 (0,67-1,06)
Quartile 4	0,62 (0,49-0,78)	0,69 (0,54-0,88)	0,70 (0,54-0,89)
<i>P</i> _{tendance}	< 0,0001	0,003	0,004

Les valeurs sont des odds ratios avec un intervalle de confiance à 95%

ESS : Epworth Sleepiness Scale

a : Modèle 1: non-ajusté

b : Modèle 2: ajusté sur le sexe, l'âge, le niveau d'éducation, le statut d'emploi, le statut marital, l'IMC, la satisfaction du sommeil, le réveil nocturne fréquent, l'histoire personnelle de troubles du sommeil, l'anxiété et l'intervalle entre l'évaluation de l'activité physique de loisir et l'administration de l'ESS

c : Modèle 3: Modèle 2 + comportements sédentaires (regarder la télévision, utiliser un ordinateur, lire)

Tableau 15 - Analyse en régression logistique de l'association entre somnolence diurne excessive (ESS > 10) et quartiles de temps d'activité physique de loisir après exclusion des participants sous somnifère (n=3 368)

	Modèle 1 ^a	Modèle 2 ^b	Modèle 3 ^c
Activité physique de loisir totale			
Quartile 1	1	1	1
Quartile 2	0,93 (0,72-1,19)	0,95 (0,74-1,22)	0,95 (0,73-1,22)
Quartile 3	0,85 (0,66-1,09)	0,91 (0,71-1,18)	0,91 (0,71-1,18)
Quartile 4	0,64 (0,49-0,83)	0,70 (0,54-0,93)	0,72 (0,54-0,95)
<i>P</i> _{tendance}	0,0006	0,016	0,024

Les valeurs sont des odds ratios avec un intervalle de confiance à 95%

ESS ; Epworth Sleepiness Scale

^a: Modèle 1: non-ajusté

^b: Modèle 2: ajusté sur le sexe, l'âge, le niveau d'éducation, le statut d'emploi, le statut marital, l'IMC, la satisfaction du sommeil, le réveil nocturne fréquent, l'histoire personnelle de troubles du sommeil, l'anxiété et l'intervalle entre l'évaluation de l'activité physique de loisir et l'administration de l'ESS

^c: Modèle 3: Modèle 2 + comportements sédentaires (regarder la télévision, utiliser un ordinateur, lire)

- ASSOCIATIONS ENTRE COMPORTEMENTS SEDENTAIRES ET SDE

Les résultats des modèles de régression logistique multivariée pour les comportements sédentaires - le temps passé à regarder la télévision, utiliser un ordinateur, la lecture et le temps sédentaire total non-ajustés et ajustés pour le sexe, l'âge, le niveau d'éducation, le statut professionnel, l'état matrimonial, l'IMC, l'activité physique, l'anxiété, la satisfaction avec le sommeil, les réveils nocturnes fréquents, l'histoire personnelle de troubles du sommeil, et l'intervalle entre l'évaluation des comportements sédentaires et l'administration de l'ESS - sont résumés dans le Tableau 16. Les modèles ajustés mettent en évidence des associations dépendantes du type de comportement sédentaire. Le temps passé à regarder la télévision et le temps consacré à la lecture étaient associés à une prévalence plus faible de SDE (respectivement $OR_{Q4 \text{ vs } Q1} = 0,73$, IC à 95%: [0,57 ; 0,94]; $OR_{Q4 \text{ vs } Q1} = 0,76$, IC à 95%: [0,60 ; 0,97]), tandis que le temps passé devant un ordinateur était associé à une prévalence plus forte de SDE ($OR_{Q4 \text{ vs } Q1} = 1,30$, IC à 95%: [1,05 ; 1,62]).

Tableau 16 - Analyse de régression logistique pour l'association entre somnolence diurne excessive (ESS > 10) et quartiles de temps d'activité sédentaires (n=4 179)

	Modèle 1 ^a	Modèle 2 ^b	Modèle 3 ^c
Temps passé à regarder la télévision			
Quartile 1 (< 9,9 h/sem.)	1	1	1
Quartile 2 (9,9 – 16,0 h/sem.)	0,95 (0,76-1,19)	0,92 (0,74-1,16)	0,93 (0,74-1,17)
Quartile 3 (16,0 – 21,5 h/sem.)	0,88 (0,70-1,11)	0,86 (0,67-1,08)	0,86 (0,68-1,09)
Quartile 4 (> 21,5 h/sem.)	0,84 (0,62-0,98)	0,73 (0,57-0,94)	0,73 (0,57-0,94)
<i>P</i> _{trend}	0,03	0,01	0,01
Temps passé sur l'ordinateur			
Quartile 1 (0 h/sem.)	1	1	1
Quartile 2 (0 – 3,5 h/sem.)	1,02 (0,80-1,30)	0,95 (0,74-1,22)	0,95 (0,74-1,22)
Quartile 3 (3,5 – 7,0 h/sem.)	0,90 (0,72-1,12)	0,87 (0,69-1,10)	0,87 (0,69-1,10)
Quartile 4 (> 7,0 h/sem.)	1,31 (1,06-1,62)	1,31 (1,05-1,63)	1,30 (1,05-1,62)
<i>P</i> _{trend}	0,05	0,06	0,06
Temps passé à lire			
Quartile 1 (< 3,5 h/sem.)	1	1	1
Quartile 2 (3,5 – 6,9 h/sem.)	0,89 (0,70-1,14)	0,89 (0,69-1,14)	0,89 (0,69-1,14)
Quartile 3 (6,9 – 10,5 h/sem.)	0,74 (0,60-0,91)	0,79 (0,64-0,98)	0,81 (0,65-0,99)
Quartile 4 (> 10,5 h/sem.)	0,69 (0,55-0,88)	0,74 (0,58-0,94)	0,76 (0,60-0,97)
<i>P</i> _{trend}	0,0004	0,01	0,01
Temps total sédentaire			
Quartile 1 (< 20,5 h/sem.)	1	1	1
Quartile 2 (20,5 – 28,2 h/sem.)	0,95 (0,76-1,20)	0,94 (0,75-1,18)	0,94 (0,75-1,19)
Quartile 3 (28,2 – 37,8 h/sem.)	0,83 (0,66-1,04)	0,83 (0,65-1,06)	0,84 (0,66-1,06)
Quartile 4 (> 37,8 h/sem.)	0,97 (0,77-1,22)	0,97 (0,76-1,23)	0,97 (0,76-1,24)
<i>P</i> _{trend}	0,53	0,59	0,62

Les valeurs sont des odds ratios avec un intervalle de confiance à 95%

ESS : Epworth Sleepiness Scale ; h/sem : heures/semaine

^a: Modèle 1: non-ajusté

^b: Modèle 2: ajusté sur le sexe, l'âge, le niveau d'éducation, le statut d'emploi, le statut marital, l'IMC, la satisfaction du sommeil, le réveil nocturne fréquent, l'histoire personnelle de troubles du sommeil, l'anxiété et l'intervalle entre l'évaluation de la sédentarité et l'administration de l'ESS

^c: Modèle 3: Modèle 2 + activité physique de loisir totale

• ACTIVITE PHYSIQUE, SEDENTARITE ET SDE

Le Tableau 17 résume les résultats de l'analyse de régression logistique de l'association transversale entre SDE et le temps passé dans les quatre combinaisons d'activité physique et de sédentarité (référence = Faible activité physique/Fort temps sédentaire). Dans le modèle non ajusté, nous avons trouvé un effet protecteur significatif d'une forte activité physique couplée avec un fort temps sédentaire avec la SDE, association qui n'a pas été observée dans le modèle ajusté sur toutes les covariables.

Tableau 17 - Analyse en régression logistique de l'association entre somnolence diurne excessive (ess> 10) et combinaison d'activité physique et de sédentarité (n=4 179)

Combinaison d'activité physique et de sédentarité ^a	Modèle 1 ^b	Modèle 2 ^c
Faible activité physique / Fort temps sédentaire	1	1
Faible activité physique / Faible temps sédentaire	1,13 (0,91-1,41)	1,13 (0,89-1,40)
Forte activité physique / Fort temps sédentaire	0,79 (0,63-0,99)	0,84 (0,66-1,06)
Forte activité physique / Faible temps sédentaire	0,80 (0,63 1,01)	0,87 (0,67-1,11)
p global	0,003	0,07

Les valeurs sont des odds ratios avec un intervalle de confiance à 95%

ESS : Epworth Sleepiness Scale

^a : l'activité physique forte/faible a été dichotomisée sur la base des recommandations OMS pour les adultes de 2,5 h/semaine ; les comportements sédentaires forts/faibles totaux ont été dichotomisés sur la base de la médiane de la variable de 28,2 h/ semaine.

^b : Modèle 1: non-ajusté

^c : Modèle 2 : ajusté sur le sexe, l'âge, le niveau d'éducation, le statut d'emploi, le statut marital, l'IMC, la satisfaction du sommeil, le réveil nocturne fréquent, l'histoire personnelle de troubles du sommeil, l'anxiété et l'intervalle entre l'évaluation de l'activité physique de loisir et l'administration de l'ESS

3. DISCUSSION

Au sein d'une population d'adultes français, nous avons montré que la pratique hebdomadaire d'activités physiques de loisir était significativement associée à un OR d'avoir une SDE de 0,70. Cette association favorable persistait même en limitant les analyses aux individus qui ne prenaient pas de somnifères. Cependant, notre hypothèse selon laquelle l'activité physique de loisir, lorsqu'elle était couplée avec une faible sédentarité, serait protectrice contre le SDE n'a pas été étayée par nos résultats. Il convient de noter que des associations inverses de comportements sédentaires avec l'activité physique (Mansoubi et al. 2014) et la SDE (Whitney et al. 1998) ont été rapportées, bien que d'autres données ne soient pas en faveur d'une telle relation (McClain et al. 2014).

Nous avons constaté que le temps total de comportement sédentaire n'était pas associé à la SDE. Cependant, le temps passé à regarder la télévision et le temps consacré à la

lecture apparaissent protecteurs contre la SDE, tandis que le temps passé sur un ordinateur semblait conférer un risque accru de SDE (OR de 1,30). Il n'existe pas aujourd'hui d'étude ayant évalué, chez les adultes, les associations entre SDE et différents comportements sédentaires. Une méta-analyse récente rapporte des effets non consistants de différents types d'écrans utilisés (ordinateur, télévision) sur le temps sommeil de nuit des adolescents (Bartel et al. 2015). En outre, des études ont démontré que l'utilisation le soir de dispositifs émetteurs de lumière (par exemple les écrans d'ordinateur) pourrait conduire à une vigilance accrue pendant la soirée, entraîner la suppression de sécrétion de mélatonine (un marqueur de l'horloge circadienne), et une diminution de la vigilance la matinée d'après (Cajochen et al. 2011, Chang et al. 2015). Selon les résultats issus de notre étude, il est donc possible que certains comportements sédentaires aient des effets variables sur le statut de SDE. La littérature sur le sujet se restreint au temps de télévision, et ne permet pas de comparer nos résultats, en particulier sur les personnes vieillissantes. Cependant, une revue de la littérature récente a montré des relations plutôt homogènes entre différents comportements sédentaires et divers événements de santé (de Rezende et al. 2014).

Nos résultats sont en grande partie concordants avec les conclusions d'une étude américaine ayant inclus des individus âgés (55-84 ans) montrant un lien inverse significatif entre la somnolence diurne et les siestes avec l'activité physique (Chasens et al. 2007, Hays, Blazer and Foley 1996). Nos résultats sont également conformes aux données d'un essai contrôlé randomisé de six mois mené auprès de personnes âgées atteintes de troubles du sommeil, qui ont été randomisés dans un programme de tai-chi ou à des exercices de faible intensité (Li et al. 2004). Les participants au programme de tai-chi ont signalé une réduction de la SDE (évaluée par l'ESS) par rapport à leurs homologues du groupe d'exercice à faible intensité.

Pendant la pratique de l'activité physique, l'absorption du glucose par le cerveau diminue avec l'augmentation de l'intensité de l'exercice, et peut éventuellement déclencher des changements métaboliques adaptatifs dans les régions corticales frontales (Kemppainen et al. 2005). Dans l'ensemble, l'oxygénation et l'activité métabolique dans toutes les régions du cerveau augmentent pendant l'exercice (Bergouignan et al. 2011). D'un autre côté, il a été montré que l'inactivité physique pouvait initier des processus cellulaires qui étaient qualitativement différents des réponses spécifiques liées à l'activité physique (Hamilton

et al. 2007). En outre, l'inactivité physique est considérée comme une cause majeure de l'inflexibilité métabolique exprimée en termes de résistance à l'insuline, de transfert lipidique, d'hyperlipidémie, des modifications dans le stockage de graisse ectopique et l'utilisation du glucose (Bergouignan et al. 2011).

Plusieurs régions du cerveau et une variété de neurotransmetteurs sont impliqués dans le sommeil et la vigilance, et la somnolence pourrait résulter de processus neuronaux favorisant le sommeil ou la réduction des processus de maintien en éveil (Guilleminault and Brooks 2001). Une étude expérimentale et une revue de la littérature ont suggéré que la dépense énergétique liée à l'activité physique, l'augmentation de la température et à la déshydratation pouvait déclencher une réponse de sommeil à ondes lentes (Horne 1981, Horne and Staff 1983). Les liens entre d'une part la SDE, et d'autre part le métabolisme du glucose ou le syndrome métabolique ont été rapportés (Hayley et al. 2015, Roopa et al. 2010). En outre, la SDE a été inversement associée à la consommation maximale d'oxygène, une mesure de la capacité cardiorespiratoire (Strand et al. 2013).

Dans notre étude, la prévalence de la SDE était de 17% et ne différait pas significativement entre les sexes. Une autre étude basée sur les scores du ESS a montré des taux inférieurs chez les femmes comparées aux hommes chez des personnes âgées françaises (12% chez les hommes et 6% chez les femmes) (Tsuno et al. 2007). En utilisant une seule question (le sentiment d'être excessivement somnolent pendant la journée), une autre étude a montré une prévalence de 22,7% chez des hommes et 16,1% chez des femmes âgées françaises ne vivant pas en institution (Empana et al. 2009). La littérature indique des résultats variables dans les relations entre SDE et le sexe ou l'âge (Ohayon 2006). Dans nos modèles bivariés, la SDE était associée à un âge un peu plus jeune, au fait d'être actif professionnellement, d'avoir un IMC un peu plus élevé, à passer plus de temps devant un ordinateur, d'avoir un traitement contre l'anxiété, d'avoir un sommeil moins satisfaisant, des réveils nocturnes plus fréquents et d'avoir une histoire personnelle de troubles du sommeil. La somnolence diurne pourrait en effet être influencée par l'historique de durée et la qualité du sommeil, le moment de la journée, le contexte, le fait d'avoir des troubles du sommeil, la consommation de drogues, l'hygiène du sommeil, et plusieurs déterminants physiologiques (Hays et al. 1996, Johns 1991).

DISCUSSION GENERALE

I. INTERRELATIONS DE L'ACTIVITE

PHYSIQUE AVEC LA SEDENTARITE

Avant de s'intéresser aux relations que peuvent avoir l'activité physique ou la sédentarité avec les événements de santé ou des déterminants de certains comportements, il était nécessaire de se demander quelles sont les relations entre ces deux comportements. Il était également important de chercher à mieux comprendre si différents domaines d'un même grand comportement (sédentarité ou activité physique) pouvaient être liés entre eux. En effet, il n'est pas prouvé que chaque activité physique spécifique soit positivement associée avec les autres activités physiques, de même qu'il n'est pas prouvé que chaque activité physique soit négativement liée avec toutes les activités spécifiques sédentaires.

1. MARCHE ET VELO : INTERRELATIONS ET RELATIONS AVEC LES AUTRES ACTIVITES PHYSIQUES

Dans le premier article, nous avons montré que la plupart des pratiques de marche et de vélo étaient associées positivement à la pratique d'activités physiques de loisir. Cependant, cette relation était négative avec la marche pour aller au travail. De même, nous avons montré des relations variables pour chaque domaine de marche et de vélo par rapport aux autres déterminants potentiels. Un point de discussion important à propos de ces relations était que les relations des domaines de marche entre eux, bien que significatifs et positifs, étaient de moindre amplitude (pouvant atteindre un facteur un dixième) comparées aux relations entre les mêmes domaines du vélo.

Notre approche était centrée sur la prise en compte des domaines de la marche et du vélo en tant que pratiques si ce n'est indépendantes, au moins différenciées. Cette approche (pour les transports ou pour d'autres domaines de l'activité physique) est nouvelle. Ainsi, nous n'avons par exemple trouvé qu'un nombre très limité d'études sur les interrelations des transports actifs (entre type de transport et/ou de domaine). Les résultats de cet article apportent donc des informations nouvelles, en indiquant que cinq des six domaines de la

marche et du vélo sont associés positivement avec les activités physiques de loisir, et qu'une partie de ces domaines sont positivement liés entre eux. Cependant, nous avons aussi montré que la marche d'un domaine en particulier était négativement associée au vélo d'un domaine différent. Nous avons aussi mis en évidence dans notre population que la marche pour aller au travail était associée négativement avec les activités physiques de loisir, et, bien que certaines études aient analysé des relations entre marche pour aller au travail et activités physiques de loisirs, aucune n'a étudié d'associations strictement similaires. Butler et al., en 2007, ont mis en évidence qu'une variable de marche en tant que moyen de transport (comprenant la marche pour aller au travail) était associée positivement à un index d'activité physique de loisirs, mais seulement chez les femmes (Butler et al. 2007). Hu et al., en 2002, ont mis en évidence une association positive, chez les hommes en particulier, du transport pour aller au travail (marche et vélo) avec les activités physiques de loisirs (Hu et al. 2002c). Cependant, il n'existe pas à notre connaissance d'étude regardant spécifiquement la marche pour aller au travail et une variable d'activité physique de loisir. Il est possible que les individus qui sont obligés de marcher régulièrement pour aller au travail considèrent qu'ils sont déjà actifs physiquement. Une autre explication pourrait être que ces individus auraient un choix limité du type de transport à prendre, et vivraient cette pratique de la marche comme une obligation, engendrant des sentiments négatifs envers toute activité physique qui n'est pas obligatoire.

Si ces relations venaient à être confirmées, cela pourrait suggérer que la plupart, mais pas tous les types de transport actif font partie d'un mode de vie actif, et qu'inciter un individu à pratiquer une activité physique pourrait avoir des répercussions négatives sur d'autres activités. Certaines interventions récentes visant à promouvoir le transport actif ont montré des résultats positifs sur ce secteur spécifique (Kassavou, Turner and French 2013, Scheepers et al. 2014), mais le niveau global d'activité physique semblait peu modifié (Compernelle and Vandelanotte 2015, Keall et al. 2015, Mansi et al. 2015). Ainsi, pour de futures campagnes de prévention visant à promouvoir la marche pour la santé, les messages pourraient concerner la marche utilitaire ou de loisir. Il serait cependant important de répliquer ces résultats dans d'autres populations pour évaluer dans quelle population spécifique la relation négative entre marche pour aller au travail et activité physique de loisir existe, et ainsi fournir à cette population un message plus ciblé. Concernant les interrelations entre les domaines de la marche et du vélo, on peut souligner différentes implications en termes de santé publique. En effet, nous avons

montré pour le transport actif l'importance du type de transport (marcher dans un domaine est associé à une probabilité plus élevée de marcher dans un autre domaine) et du type de domaine (faire du vélo utilitaire est associé à une probabilité plus élevée de faire de la marche utilitaire), excepté pour aller au travail où il est difficile de combiner la marche et le vélo. Ainsi, l'étude de ces relations ainsi que des difficultés inhérentes à l'adoption de tels comportements permettraient de cibler plus efficacement une intervention ou une action de prévention, en adoptant un message plus réaliste et plus accessible pour les individus.

2. ACTIVITE PHYSIQUE ET SEDENTARITE : DE LA MESURE A L'INTERET DES RELATIONS

Le deuxième article était consacré à l'évaluation à travers le passage à la retraite des pratiques d'activité physique et de sédentarité. Nous y avons étudié les relations entre les changements de ces pratiques chez les participants qui ont travaillé pendant toute la durée de l'étude, ceux qui passaient à la retraite et ceux qui ont toujours été à la retraite. Les résultats ont montré des relations négatives (entre temps de télévision et d'activités physiques de loisir) ou positives (entre temps de télévision et activité physique au travail), relations retrouvées principalement dans la population des participants qui ont travaillé du début à la fin du suivi.

Pour mettre ces résultats en perspective, il faut citer certaines études qui ont évalué les niveaux d'activité physique et de sédentarité avant et après le passage à la retraite (Barnett et al. 2012b, Harvey, Chastin and Skelton 2014). Il faut noter qu'aucune ne s'était intéressée spécifiquement aux associations entre les sous-domaines de ces comportements comme nous avons pu le faire avec les données collectées chez les participants de l'étude NutriNet. Le manque de résultats significatifs pour les participants qui sont passés à la retraite entre le début et la fin du suivi et ceux déjà passés à la retraite au début du suivi peut être expliqué par le fait que ceux-ci avaient plus de temps libre après la retraite. Ils n'avaient donc en conséquence pas à faire de choix entre les comportements sédentaires de loisir et l'activité physique, hypothèse mentionnée récemment dans une autre étude (Maher et al. 2013). Cette hypothèse a un intérêt double. Cela impliquerait qu'une modification du temps de télévision chez les personnes qui vont passer à la retraite pourrait modifier le temps d'activité physique de loisir (plutôt que d'être remplacé par une autre activité sédentaire). Cela indiquerait aussi que

contrairement à ce que peuvent montrer certaines études qualitatives, les personnes à la retraite ont le temps de pratiquer des activités physiques en plus de leurs occupations habituelles (Barnett et al. 2012a).

Une revue récente de la littérature (Mansoubi et al. 2014) a dénombré vingt-six études (dont la plupart transversales) évaluant les relations entre sédentarité (surtout sédentarité totale ou temps de télévision) et activité physique (relations assez bien distribuées parmi les différents domaines et niveaux généraux d'activité physique). Plusieurs hypothèses peuvent être considérées concernant ces relations. La première, c'est que d'un point de vue objectif, l'activité physique est forcément associée à la sédentarité, puisque ces deux comportements font partie d'un même continuum du mouvement. La deuxième, c'est qu'on ne s'attend pas à trouver de relation positive entre ces deux comportements. Enfin, cela comprend les limitations inhérentes à la construction passée des questionnaires d'activité physique et de sédentarité, qui n'incluaient pas forcément l'évaluation des sous-domaines. Or, les études que l'on peut trouver aujourd'hui sur les relations entre activité physique et sédentarité cristallisent la question de l'intérêt d'avoir accès à des informations issues tant d'outils de mesure objectifs que d'outils de mesure subjectifs. En effet, si ces deux comportements font partie d'un continuum, et si à terme, l'étude de ces relations par des méthodes objectives peut nous indiquer la teneur des associations entre comportements de différentes intensités (par exemple activité physique faible et sédentarité), seules les méthodes subjectives peuvent facilement (en termes de temps et d'argent) renseigner sur le contexte et peuvent donc être utilisées à des fins de prévention ou de traitement ciblé, de la même manière que dans la partie précédente nous avons conclu à l'intérêt d'avoir un message plus personnalisé sur les pratiques de transport actif. Ainsi, si l'on part du principe qu'il doit (forcément) exister des relations globales, on s'intéresse ici à des sous-domaines de l'activité physique en relation à des sous-domaines de la sédentarité. L'idée est qu'il doit exister des relations particulières, et certaines plus fortes que d'autres. Aussi on voudra, dans une intervention ou une politique de prévention, cibler les comportements qui engendreront le plus de bénéfices possible et dont on connaît les effets connexes.

Cela signifie que pour une population ressemblant à celle de notre étude (des personnes passant à la retraite et avec un niveau social plus élevé que la moyenne française), il serait intéressant de cibler en particulier les gens qui passeront dans un futur proche à la retraite, et de cibler les activités physiques de loisir d'intensité modérée plutôt que l'activité

physique au travail, dans l'idée que cela pourrait dans le même temps faire diminuer le temps passé devant la télévision. Toutefois, si ces hypothèses ouvrent des perspectives en termes de prévention, celles-ci doivent être dans un premier temps vérifiées par des interventions en population générale.

II. FACTEURS ASSOCIES AU TRANSPORT

ACTIF ET A LA SEDENTARITE

Le deuxième objectif de ce travail était de s'intéresser aux relations entre les comportements d'activité physique, la sédentarité et leurs facteurs associés en dehors des événements de santé. Il est en effet admis qu'une connaissance approfondie des déterminants des comportements de santé est un préalable aux interventions de santé publique visant à modifier ces comportements (Bauman et al. 2002). Il est également important de définir les périodes de la vie au cours desquels les individus seraient le plus susceptibles de modifier volontairement ces comportements.

1. DE L'AGE AUX EVENEMENTS DE VIE

Dans le premier article, nous avons mis en évidence que les pratiques de marche étaient assez différentes en fonction de l'âge et du domaine étudié, phénomène qui était moins net pour la pratique du vélo. L'intérêt principal était d'apporter une approche novatrice à l'étude de la marche et du vélo en santé publique, en investiguant spécifiquement leurs sous-domaines.

Nous avons mis en évidence que la pratique de la marche pour aller au travail diminuait entre dix-huit et trente ans, alors que les marches de loisir et utilitaires augmentaient à partir de cinquante ans. Il est probable que des changements de mode de vie liés entre autres au travail expliquent, au moins en partie, les schémas de pratique de la marche pour aller au travail. L'âge adulte avançant, les possibilités financières s'accroissent et les contraintes de temps augmentent, engendrant une nécessité grandissante de devoir limiter son temps de déplacement, ce que permet l'utilisation de la voiture dans de nombreux cas (Prillwitz, Harms and Lanzendorf 2006, Yamamoto 2008). Les fréquences de pratique de la marche pour aller au travail restent stables pour quasiment toutes les catégories d'âge ensuite. Il serait intéressant de comprendre les flux de pratique ou de non-pratique de la marche pour aller au travail ; en effet, pour les non pratiquants, connaître la proportion d'individus qui n'ont pas la possibilité physique de marcher pour aller au travail par rapport à celle qui en a la possibilité, mais choisit de ne pas le faire permettrait de relativiser l'intérêt d'un message de santé publique encourageant cette pratique. Plus tard dans la vie d'un adulte, surtout après 60 ans, nous avons précédemment montré que le fait

d'être retraité en France était associé à une augmentation de l'activité physique de loisir, mais aussi, et surtout avec la marche de loisir (Menai et al. 2014, Touvier et al. 2010).

Dans le deuxième article, nous avons regardé les niveaux de pratique d'activité physique et de sédentarité lors du passage à la retraite. Les participants déjà retraités au début de l'étude étaient ceux qui passaient initialement le plus de temps en comportement sédentaire, en activité physique de loisir et domestique. Si tous les participants ont augmenté leur niveau de temps sédentaire entre le début et la fin de l'étude, ceux passés à la retraite pendant le temps de suivi sont ceux pour lesquels les changements étaient les plus importants. Ceux-ci avaient également le temps le plus important d'activité physique de loisir.

Le point peut-être le plus intéressant concernait l'effet du passage à la retraite sur les pratiques, et sur la possibilité de remplacer de l'activité physique préexistante par des comportements sédentaires. En effet, nous avons mis en évidence que la diminution de l'activité physique professionnelle liée au passage à la retraite n'était pas contrebalancée par l'activité physique de loisir juste après le passage à la retraite, le déficit étant plutôt remplacé par des activités de loisir sédentaires. On peut expliquer cette évolution par deux phénomènes distincts. Premièrement, il est possible que la sédentarité augmente avec l'âge dans la population adulte, comme montré pour la télévision spécifiquement (Rhodes et al. 2012). De plus, bien qu'il existe peu d'études à ce sujet, plusieurs auteurs ont montré que divers comportements sédentaires comme regarder la télévision (Barnett et al. 2013a, Kremer and Harpaz 1982, Rosenkoetter et al. 2001) ou lire (Bossé and Ekerdt 1981, Kremer and Harpaz 1982, Long 1987, Rosenkoetter et al. 2001) étaient à même d'augmenter avec le passage à la retraite. Il est probable que la période de la retraite nécessite pour les individus d'établir de nouvelles habitudes et de nouvelles routines (Jonsson, Josephsson and Kielhofner 2001). Pourtant, s'il n'y a aujourd'hui que peu d'interventions dans le domaine de la sédentarité chez les personnes âgées (Gardiner et al. 2011a), la période de transition à la retraite est une période où les individus pourraient être particulièrement réceptifs à changer leurs comportements et peut-être adopter des comportements plus favorables à la santé (Lang et al. 2007). Les études sur l'activité physique et le passage à la retraite montrent une augmentation des activités physiques de loisir, tandis que la conclusion sur le niveau d'activité physique total est moins clair (Barnett et al. 2012b).

Nous avons pu coupler des indicateurs d'activité physique et de sédentarité dans une même étude, ce qui n'avait jamais été fait sur autant de sous-domaines. C'est ce qui nous a permis de comprendre les conclusions de Barnett et al. et d'avancer l'idée que non seulement la diminution des niveaux d'activité physique professionnelle n'était pas compensée après la retraite, mais que l'augmentation de temps sédentaire était trois fois plus importante que l'augmentation d'activité physique de loisir.

Il n'existe pas de données dans la littérature concernant les pratiques d'activité physique et de sédentarité avec un suivi en fonction de l'âge ou en fonction de la trajectoire d'un individu au cours des divers événements majeurs de la vie. La recherche épidémiologique dans le domaine de l'activité physique et de la sédentarité étudie le plus souvent des populations dont les individus sont à des périodes de leur vie similaires (enfants, adolescents, adultes, personnes âgées). Les associations avec des événements de santé sont peut-être similaires de l'enfant à l'adulte ; cependant, il n'existe que peu d'étude comprenant plusieurs de ces populations (Kwon et al. 2015, Pinto, Li and Power 2015, Smith, Fisher and Hamer 2015). Il est en effet probable que les déterminants de nos activités changent au cours du temps. L'âge, dans le champ de l'épidémiologie de l'activité physique et de la sédentarité, est un facteur qui est pris en compte quasi systématiquement (le plus souvent via ajustement), mais dont l'interprétation reste difficile. À travers lui, on cherche à distinguer l'étape de vie dans laquelle est l'individu, c'est-à-dire le cadre de vie dans lequel celui-ci va évoluer. Concrètement, cela signifie que pour deux individus identiques au niveau de leurs caractéristiques socio-économiques, environnementales ou psychologiques, une différence de composition familiale (avec des enfants en bas âge à charge par exemple) sera un modificateur plus important des comportements comparé à une différence de revenu. C'est une hypothèse forte, mais aujourd'hui non vérifiée. Pourtant, depuis une dizaine d'année, quelques études ont été produites, et il existe aujourd'hui deux revues de la littérature sur les variations d'activité physique en fonction d'événements majeurs de la vie (Allender et al. 2008, Engberg et al. 2012). De même, la littérature actuelle ajuste plus régulièrement sur des marqueurs des événements de vie tels que la composition précise du foyer ou le statut de l'emploi / de la retraite.

Cependant, si cette approche nous permet d'étudier plus finement des relations entre sous-domaines de comportements d'activité et de ses déterminants, elle ne permet pas d'étudier l'impact des événements de vie sur les comportements. En effet, de par sa

nature, un événement est bref, et ne peut être capturé dans un jeu de données que sur la base d'une étude longitudinale, ayant les données avant et après, ou dans le cas d'une cohorte où les événements sont renseignés au fur et à mesure de leur apparition chez les individus.

Nos travaux sur la retraite dans la cohorte SU.VI.MAX et SU.VI.MAX 2 ont répondu en partie à ces questions pour la retraite, dans le cadre de la population particulière que représentent ses participants. Nous avons montré que non seulement l'événement « passage à retraite » opérait des modifications importantes dans les comportements d'activité physique et de sédentarité de loisir, mais que l'état « travaille, mais va bientôt passer à la retraite » était très différent dans ses associations sédentarité / activité physique comparé à l'état « est à la retraite ». Si les résultats que nous avons montrés ont trouvé une explication (les retraités ont le temps de tout faire, alors que les travailleurs doivent choisir leur activité de loisir par manque de temps), ceux-ci mettent surtout en évidence qu'il existe des différences importantes dans les relations entre comportements pour des individus séparés par un événement bref qui sera vécu par toute la population.

Il existe de nombreux événements majeurs de la vie, qui ont probablement des effets très variables sur nos comportements, et en particulier sur les comportements d'activité physique et de sédentarité. Connaissant leurs influences majeures, il serait alors peut-être nécessaire de mieux les connaître et de définir les périodes et les événements où les individus seraient le plus ouverts à un changement de comportement, mais aussi et surtout les périodes où les individus auraient physiquement la possibilité de changer ses comportements. Nous l'avons vu dans l'introduction et dans notre étude sur la retraite ; s'il est très difficile de convaincre un individu de modifier ses pratiques d'activité physique, autant choisir la période de vie la plus propice.

2. SOUS-DOMAINES DE LA MARCHE ET DU VELO ET DIVERSITE DES FACTEURS ASSOCIES

Dans la deuxième partie des analyses sur les facteurs associés, nous avons mis en évidence des associations homogènes et hétérogènes en fonction du domaine étudié ou du type de transport étudié. Nous avons pu voir que si les comportements de marche et de vélo étaient dépendants du sexe de manière globale comme déjà évoqué dans la littérature, cette relation était homogène, quel que soit le type de sous-domaine étudié.

Nous avons montré, en relation avec les comportements liés aux événements de vie, des associations entre sous-domaine de marche/vélo et composition familiale assez différentes les unes des autres. Enfin, nous avons montré que le niveau d'éducation était différemment associé avec les différents domaines de la marche et du vélo, les relations pouvant être positives (avec la marche et le vélo utilitaire), négatives (marche de travail et vélo de loisir) ou non associées (avec la marche de loisir et le vélo de travail). Ce résultat est peut-être le plus important de tous, car c'est celui qui met le plus en lumière pourquoi chaque domaine de la marche et du vélo devrait être considéré séparément lorsque mis en relation avec des déterminants potentiels.

Nous avons fait l'hypothèse que certes, un facteur comme l'éducation est difficile à évaluer, mais que les variations que l'on peut observer dans les résultats issus de la littérature sur des variables agrégées (c'est-à-dire la marche dans son ensemble, ou le vélo dans son ensemble) sont dues à une différence d'association en fonction du domaine étudié. Ce questionnement fait écho à la problématique des relations entre éducation et comportements d'activité physique et de sédentarité. En effet, si globalement un plus faible niveau d'éducation a été associé avec différents comportements sédentaires (Rhodes et al. 2012), la relation entre éducation et activité physique est beaucoup moins évidente. Quatre revues de la littérature se sont intéressées à cette relation (Kaewthummanukul and Brown 2006, Rhodes et al. 1999, Trost et al. 2002a, van Stralen et al. 2009), mais une seule a conclu à une relation positive (Trost et al. 2002a). C'est donc une question d'intérêt aujourd'hui, et qui est régulièrement l'objet d'études toujours plus spécifiques (Deforche et al. 2015, Larouche et al. 2015).

Pour la marche et le vélo, Laverly et al. ont récemment mis en évidence dans un large échantillon d'adultes représentatifs de la population du Royaume-Uni une association négative entre le niveau d'éducation et la pratique de la marche pour aller au travail, ce que nos résultats confirment en partie (Laverly et al. 2013). Que ce soit pour la marche ou le vélo, nous avons mis en évidence des sens d'association avec l'éducation variables en fonction du domaine étudié. En l'occurrence, nous avons observé une relation positive avec les transports utilitaires (marche et vélo), indiquant peut-être qu'au-delà d'un schéma de pratique lié à la marche, au vélo ou à l'âge, il pourrait exister une détermination des pratiques liée au domaine étudié, ici le transport utilitaire (indépendamment de savoir si cela est de la marche ou du vélo). Aucune autre étude n'a été trouvée pour mettre en parallèle ces résultats à titre de comparaison. Les études antérieures qui ont examiné l'éducation en relation avec la marche et le vélo ont été

majoritairement axées sur les loisirs ou les déplacements pour aller au travail, avec des résultats dans l'ensemble non concordants (Agrawal and Schimek 2007, Butler et al. 2007, Hearst et al. 2013, Hu et al. 2002c, Laverly et al. 2013, Panter et al. 2013).

L'intérêt de la communauté internationale envers les déterminants de l'activité physique et de la sédentarité augmente. Pour l'activité physique en particulier, il existe aujourd'hui de nombreuses études essayant de la relier avec des facteurs démographiques, psychologiques ou environnementaux, tandis qu'il existe moins de données pour la sédentarité. À un niveau plus fin, nous avons pu voir dans la littérature existante que si les facteurs associés à l'activité physique en général (via l'activité physique de loisir principalement) étaient très étudiés, ses sous-domaines ne l'étaient pas forcément. En particulier, pour le transport actif, il semble que le sujet ait été principalement étudié sous un angle à dominance géographique, ce qui a engendré des résultats, mais aussi des problématiques particulières ; par exemple, dans les études que l'on trouve aujourd'hui mettant en relation le transport actif avec des facteurs associés potentiels, il existe finalement assez peu de description de la population autre que géographique. On connaît assez mal les caractéristiques de ces populations, et si interaction il y a, il est fort probable que celle-ci sera plus une question de territoire que de population. Ce sont peut-être les études sur les déterminants psycho-sociaux du choix du mode de transport qui ont donné un second souffle aux études épidémiologiques usuelles plutôt qu'à une approche strictement géographique, même si bien sûr les deux types de recherche coexistent actuellement.

Nous avons étudié dans NutriNet-Santé les relations entre la marche, le vélo et les facteurs potentiels associés pour toute la population éligible. D'une part, notre population est assez large pour pouvoir s'intéresser dans le futur à des sous-groupes de population dite particulière (tels que les non travailleurs, les gens habitant à la campagne ou au contraire dans des centres urbains, etc.). D'autre part, le questionnaire d'activité physique passé dans NutriNet-Santé contient des informations en particulier sur les activités domestiques, mais aussi et surtout sur quatre sous-domaines de la sédentarité, informations obtenues pour les jours de la semaine et du week-end. Ces données ont déjà fait l'objet d'un premier article (Saidj et al. 2015) qui fait en quelque sorte miroir de celui que nous publions sur le transport actif.

Dans ce travail, nous nous sommes positionnés uniquement sur l'activité physique à travers la marche et le vélo, en émettant l'hypothèse qu'il était intéressant de rechercher leurs déterminants (sociodémographiques, géographiques ou psychologiques), et qu'il serait possible que ces facteurs varient en fonction du contexte. Si différents domaines de l'activité physique, prenant place dans des contextes variables, ont probablement des déterminants différents, pourquoi n'en serait-il pas de même pour différents domaines de la marche ou du vélo? Ces comportements ont effectivement des similitudes (par exemple, la marche pour aller au travail, utilitaire et de loisir impliquent à chaque fois de marcher), mais peuvent aussi prendre place dans des espaces différents, avec des contraintes et des opportunités différentes.

Notre hypothèse a été partiellement validée, avec des facteurs associés aux différents domaines de la marche et du vélo pouvant varier en termes de coefficient, mais aussi en termes de sens, indiquant qu'il est possible que nous n'ayons pas atteint la combinaison de pratique et de comportement où les associations avec des facteurs associés soient homogènes.

Ce travail remet en cause les études existantes qui recherchent des déterminants tout en regroupant des comportements de transport, comme c'est souvent le cas avec les transports pour aller au travail et utilitaires, mais aussi questionne sur des informations souvent admises comme l'activité physique de loisir liée à certains facteurs socio-économiques. Les résultats permettent en outre de renforcer l'idée selon laquelle pour produire une action de prévention efficace sur la marche et le vélo, il faut non seulement cibler la bonne population, mais aussi donner le bon message en ciblant un comportement particulier, comme la marche pour aller au travail (Audrey and Procter 2015, Heinen et al. 2015, Mansi et al. 2015, Procter et al. 2014).

III. SEDENTARITE/ACTIVITE PHYSIQUE ET RISQUES POUR LA SANTE

1. RELATIONS AVEC LES FACTEURS DE RISQUES CARDIOMETABOLIQUES

Dans le troisième article, nous avons regardé les valeurs et les changements sur six ans des comportements sédentaires en relation avec les facteurs de risque cardiométaboliques initiaux et longitudinaux. L'intérêt principal était d'avoir accès à trois comportements sédentaires en relation avec une large gamme de facteurs cardiométaboliques, mais surtout d'avoir des relations ajustées sur plusieurs types d'activité physique. Nous avons par exemple montré que le temps passé devant la télévision ou à lire pendant les loisirs au début de l'étude pouvait être associé à l'incidence du syndrome métabolique à la fin du suivi. Cependant, le résultat le plus intéressant concerne peut-être le sens des relations qui peuvent exister entre comportement sédentaire et facteur de risque cardiométabolique. En effet, nous avons mis en évidence que si les valeurs initiales de temps sédentaires étaient associées aux variations en six ans de certains facteurs de risque cardiométaboliques (en particulier les facteurs anthropométriques), l'inverse était aussi vrai : certaines composantes anthropométriques et biologiques au début de l'étude étaient associées aux variations de comportement sédentaire pendant les six ans de suivi.

Ekelund et al. ont été les premiers à remettre en question la temporalité de l'association entre les comportements sédentaires et les facteurs de risque cardiométaboliques (Ekelund et al. 2008). Ils ont observé que, après ajustement pour les covariables, le temps sédentaire initial n'était pas prédictif des changements de poids corporel, d'IMC, de masse grasse ou de tour de taille à la fin du suivi (5,6 ans) dans une population de 393 adultes vieillissants. Toutefois, lorsque les marqueurs de l'adiposité au début de l'étude ont été modélisés comme des variables d'exposition, tous les quatre indépendamment ont prédit (positivement) le temps passé assis à la fin du suivi. Dans la même étude, les changements de poids corporel, d'IMC et de masse grasse entre le début et la fin du suivi étaient également prédictifs du temps passé assis à la fin du suivi.

Bien que la constatation qu'une plus grande prise de poids peut prédire l'inactivité à venir peut sembler contre-intuitive, il est biologiquement plausible que divers symptômes résultant du surpoids ou de l'obésité (troubles musculo-squelettiques, épuisement, transpiration et dyspnée) deviennent plus prononcés avec la prise ultérieure de poids, avec comme conséquences une diminution du niveau général d'activité physique et donc une augmentation des comportements sédentaires. Une étude longitudinale publiée en 2008 a en effet démontré qu'un faible changement de poids pouvait affecter l'activité d'un individu, qui elle-même pouvait déstabiliser la régulation du poids et donc introduire un cercle vicieux menant au surpoids ou à l'obésité (Christiansen, Swann and Sørensen 2008). Il n'existe que peu d'études épidémiologiques de ce type pour la sédentarité, mais plusieurs études ont montré une augmentation de l'activité physique après une chirurgie bariatrique chez des patients obèses (Bond et al. 2009, Bond et al. 2008, Silver et al. 2006, Vazier et al. 2012, Wouters et al. 2011). Cependant, compte tenu du faible nombre d'études et de la taille réduite des échantillons, la nature causale de l'association reste incertaine.

Il n'existe que peu d'études sur des adultes qui ont des données longitudinales sur différents comportements sédentaires. Nos résultats s'inscrivent dans l'idée qui tendrait à dire que transversalement, une augmentation du temps sédentaire serait associée à des facteurs de risque cardiométaboliques plus importants (de Rezende et al. 2014). De plus, ils étendent cette hypothèse forte à différents comportements sédentaires et apportent un aspect longitudinal et bidirectionnel. Afin de confirmer cette hypothèse, les futures études longitudinales doivent inclure des mesures multiples, répétées et précises des comportements sédentaires et les résultats du début de la vie (avant que la quantité de graisse accumulée puisse limiter l'activité physique) ; celles-ci seront plus susceptibles d'être en mesure d'aborder la question de la causalité bidirectionnelle. Il est peu probable que des essais contrôlés randomisés puissent être mis en place afin d'aborder la question de la direction de cette causalité, en raison de la longue durée de suivi nécessaire et des questions éthiques que de tels essais soulèveraient. Du point de vue pragmatique de santé publique, nos résultats suggèrent que les interventions devraient se concentrer sur la réduction des comportements sédentaires autant que sur le contrôle du poids corporel et de la masse grasse, afin de rompre une sorte de « cercle vicieux » instauré entre ces facteurs au fil du temps. De plus, il serait important d'informer les individus que des

changements comportementaux ou anthropométriques minimales peuvent avoir des effets sur le long terme.

2. RELATIONS AVEC LE SOMMEIL

Dans un quatrième article, nous avons regardé les influences transversales de l'activité physique et de la sédentarité sur la SDE, un paramètre spécifique en lien avec le sommeil. Nous avons pu voir que si l'activité physique modérée à intense pouvait avoir un effet protecteur sur la SDE, cela était aussi le cas pour le temps passé devant la télévision ou à lire, alors qu'une combinaison d'activité physique de loisir et de sédentarité de loisir (télévision + ordinateur + lecture) n'était pas associée à un statut de SDE. Un point à relever concerne l'intensité de l'activité physique. En effet, chez nos sujets, la majorité de l'activité physique totale de loisir était d'intensité modérée. Récemment ont été soulignés les effets bénéfiques (sur les maladies chroniques, la cognition ou encore la dépression) de l'activité physique modérée pour la santé chez des individus qui sont devenus actifs relativement tard dans leur vie, avec une pratique d'au moins une fois par semaine associée avec un vieillissement réussi (Hamer, Lavoie and Bacon 2014). Un autre résultat intéressant est que certains comportements sédentaires jouent un rôle protecteur (télévision ou lecture) alors que le temps passé devant un ordinateur est un facteur de risque. Cela va à contre-courant de l'idée selon laquelle les divers comportements sédentaires ont un effet homogène sur les événements de santé. Dans une revue de revue de la littérature récente, de Rezende et al. n'ont pas montré de spécificité des comportements sédentaires sur la plupart des événements de santé (de Rezende et al. 2014). Cependant, les effets des comportements sédentaires restent à déterminer plus finement sur la santé mentale, ou sur d'autres événements qui ne sont évalués que par rapport au temps de télévision, comme les performances cognitives (LeBlanc et al. 2012, Tremblay et al. 2011).

Cela pourrait indiquer que, pour certains événements, de même que différentes activités physiques peuvent avoir des effets différents sur la santé, différents types de sédentarité peuvent avoir des effets différents sur la santé.

IV. CONSIDERATIONS METHODOLOGIQUES

1. VALIDITE DES DONNEES ET ERREUR DE MESURE

Les analyses prospectives réalisées dans le cadre de l'étude SU.VI.MAX reposaient sur des données mesurées par des techniciens formés, mettant en œuvre un protocole standardisé, et utilisant les mêmes appareils de mesure (balance, toise) pour tous les participants (Hercberg et al. 1998). Il n'est pas exclu que des erreurs liées à l'appareil de mesure (balance), à la lecture de la mesure (toise), au report ou à la saisie aient affecté ces données ; mais il s'agit du gold-standard (Gorber et al. 2007), il existe donc peu de réserves à émettre concernant la qualité des données anthropométriques utilisées. L'étude SU.VI.MAX contient proportionnellement plus de perdus de vue que des études interventionnelles similaires, sans savoir si cela est dû à la survenue d'événements de santé empêchant la participation à ce type d'étude, ou à une volonté individuelle de ne plus participer (Hercberg et al. 2004). De même, dans l'article 3, les comportements sédentaires n'ont pas été évalués au même moment que les facteurs cardiométaboliques, pouvant varier de quelques semaines pour les facteurs anthropométriques à plusieurs mois pour les facteurs biologiques. Cependant, le MAQ a été créé pour représenter les comportements sédentaires et l'activité physique de l'année écoulée. En conséquence, nous avons considéré que les comportements sont restés stables pendant la période d'évaluation des divers facteurs de risque cardiométaboliques. De même, la majorité des facteurs de risques cardiométaboliques sont très stables sur le court terme (quelques jours) et le moyen terme (quelques mois). Dans l'article 2, nous n'avons pas accès ni à la date exacte du passage à la retraite ni à la cause. Un biais de classification pourrait intervenir si certains des participants étaient passés à la retraite du fait de la survenue d'événements de santé, retentissant négativement sur leur activité physique. Pour éviter ce biais, nous avons exclus les participants qui avaient déclaré avoir passé au moins un mois alités dans la dernière année.

Les mesures de l'activité physique ont été auto-déclarées, ce qui pourrait introduire un biais de classification principalement en raison d'une sur-déclaration documentée des pratiques d'activités physiques (Shephard 2003). Les estimations de la durée de l'activité physique auto déclarée sont sujettes à des erreurs de remémoration, à des biais de désirabilité sociale et à des difficultés à estimer correctement la quantité d'activité physique (durée, intensité). Malgré le fait que des mesures objectives auraient pu fournir

des données plus précises sur les modèles d'activité, les mesures subjectives restent importantes, car elles fournissent des informations spécifiques à un domaine (Ainsworth et al. 2015). Les analyses impliquant des données issues de la cohorte NutriNet-Santé comportaient un pourcentage important de participants exclus pour cause de valeurs manquantes (environ 20%), pouvant potentiellement mener à des estimateurs biaisés. Cependant, la moitié de ces exclusions concernaient des individus qui disposaient de moins de temps pour remplir le questionnaire sur l'environnement (4 mois contre 6 mois pour le questionnaire d'activité physique), et un quart des exclusions étaient dues à la densité de population manquante de la ville d'habitation, provenant d'une adresse de résidence mal remplie de la part des participants.

2. REPRESENTATIVITE DES ECHANTILLONS ET GENERALISATION DES RESULTATS

L'interprétation et la généralisation de nos résultats étiologiques et de recherche de facteurs associés doivent être réalisées avec prudence en raison de la présence possible d'un biais de sélection, en particulier d'auto-sélection qui peut nuire à la validité interne et externe des résultats. En effet, il est probable que les participants des études SU.VI.MAX et NutriNet-Santé soient particulièrement attentifs à leur mode de vie et à leur état de santé (Galea and Tracy 2007, Rothman, Greenland and Lash 2008), et donc présentent un profil particulier (et sûrement un meilleur état de santé). Ces caractéristiques particulières de nos populations peuvent diminuer la variabilité des pratiques d'activité physique, des marqueurs de santé et des facteurs de confusion, et limiter ainsi la validité interne des résultats (Rothman et al. 2008). L'étude SU.VI.MAX comprenait proportionnellement plus de gens éduqués, avec un niveau de vie plus élevé que la population générale (Hercberg et al. 2004). Dans l'étude NutriNet-Santé, la population est constituée au trois quart de femmes et les deux tiers des participants ont déclaré avoir un diplôme équivalent à au moins Bac+2. Il en résulte que ni la cohorte SU.VI.MAX ni la cohorte NutriNet-Santé ne sont représentatives de la population française. Néanmoins, la non-représentativité de la population d'étude n'empêche pas les études étiologiques (Nohr et al. 2006) tant que suffisamment de variabilité est observée, tant dans les comportements

d'activité physique que dans les paramètres de santé, et le risque est une sous-estimation potentielle des associations.

3. INTERPRÉTATION DES ANALYSES TRANSVERSALES

Nos articles sur les facteurs associés aux pratiques d'activité physique et de sédentarité sont basés sur des analyses transversales, limitant l'inférence causale. Cependant, deux points sont à noter. Premièrement l'état de la recherche de facteurs associés à des sous-domaines en est au point où l'on recherche en premier lieu l'existence de ces associations en population générale et pour des populations particulières. Deuxièmement, nous avons surtout étudié des facteurs individuels pour lesquels la probabilité d'être dus à des comportements d'activité physique, tels que la composition familiale ou le fait de passer à la retraite est extrêmement faible. En particulier pour ce dernier exemple, nous avons exclu les participants qui avaient passé plus de quatre semaines alités dans la dernière année, limitant la probabilité que les comportements d'activité physique aient un quelconque rapport (direct ou via un facteur de confusion non estimé) avec le fait de passer à la retraite.

V. PERSPECTIVES

1. LES SOUS-DOMAINES

Nous l'avons déjà dit plusieurs fois, mais puisqu'il est difficile de convaincre des individus à modifier leurs comportements, il est nécessaire d'étudier les déterminants de ces activités pour développer des actions de prévention plus pertinentes. Les revues de la littérature récentes ont mis en évidence que l'activité physique ou la sédentarité pouvait tout aussi bien être associées globalement avec certains facteurs, et dans un même temps montrer des associations différentes avec certains facteurs d'une étude à l'autre. Ces incohérences ont permis à une recherche ciblée par sous-domaine d'apparaître, tant pour l'activité physique que pour la sédentarité. Par exemple, dans l'article sur les facteurs de risque cardiométaboliques, nous avons montré des résultats différents entre le temps passé devant la télévision et le temps passé à lire, les résultats du temps passé devant un ordinateur se rapprochant plus en termes d'associations du temps passé devant la télévision. Que ce soit l'existence de relations différentes, ou de limitation(s) méthodologique(s), l'hypothèse d'associations différentes en fonction du comportement sédentaire étudié reste valable pour ce type d'événement de santé, tant que des analyses supplémentaires n'auront pas été effectuées ; aujourd'hui, les études biologiques émettant des hypothèses d'association physiologiques ne restent valables que sur le court terme (Bergouignan et al. 2011, Hamilton et al. 2007). De plus, l'activité physique et la sédentarité peuvent prendre place dans des contextes très variables, et pouvant impliquer des notions psycho-sociales (comme d'être obligé ou d'avoir le choix) qui n'ont que peu de place aujourd'hui dans les études d'épidémiologie quantitative (Panter and Jones 2010).

2. ÉVOLUTION DES PRATIQUES

Tout au long de ce travail, nous nous sommes focalisés sur les méthodes subjectives comme outil pour évaluer les comportements d'activité physique et la sédentarité. Dans une société de plus en plus connectée à Internet via ordinateur, smartphone et tablette, de nouvelles méthodes d'acquisition de données seront développées en épidémiologie. De plus en plus d'acteurs s'intéressent à l'outil Internet, que ce soit pour le recueil d'information ou comme outil de prévention. On a pu récemment voir par exemple des protocoles d'études d'intervention sur des enfants ou adolescents via des messages texte

(Thompson et al. 2014), l'utilisation des réseaux sociaux (Wójcicki et al. 2014, Rote et al. 2015) ou d'applications dédiées. Plusieurs revues de la littérature ont été publiées sur ces types d'intervention pour augmenter l'activité physique via les nouvelles technologies (LaPlante and Peng 2011, Muntaner, Vidal-Conti and Palou 2015).

Par ailleurs, ces nouvelles pratiques d'information permettent aussi, sous certaines conditions, d'utiliser des données privées issues entre autres d'objets connectés. L'utilisation en épidémiologie de ce type de données est très certainement appelée à se développer, en anticipant que de nombreuses questions vont se poser à court terme : représentativité des échantillons de « volontaires », fiabilité des données, sécurité des données personnelles, etc. Pour l'épidémiologie de l'activité physique, ces nouvelles approches permettront peut-être de mieux comprendre la microstructure des habitudes des sujets, de construire des profils de comportement et de les relier « en temps réel » à d'autres types de données, par exemple de santé (Brouard et al. 2015).

3. ÉVOLUTION DES RECOMMANDATIONS

De quelle façon les résultats obtenus dans ce travail peuvent-ils contribuer à l'évolution des recommandations de santé publique en matière d'activité physique ? En considérant l'aspect purement pratique de devoir convaincre une personne de faire de l'activité physique, on peut suggérer que le domaine du transport actif a des arguments simples et convaincants que la pratique d'activité « en général » ou la diminution de la sédentarité « en général » n'ont pas. En effet, les transports au travail et utilitaires sont obligatoires, et peuvent totalement ou en partie être remplacés par de la marche ou du vélo. Prendre un peu plus de temps à faire les trajets quotidiens en marchant ou à vélo peut faire économiser le temps que l'individu aurait dû passer à pratiquer une activité physique annexe. Cependant, ce type de recommandation s'adresse uniquement à des sous-populations qui ont la possibilité physique de faire ce qu'on leur propose. On peut cependant imaginer que les recommandations d'activité physique indiquent de façon plus nette le transport actif comme une possibilité d'augmenter l'activité physique au quotidien.

CONCLUSION

Une activité physique régulière et une limitation des comportements sédentaires sont essentielles au maintien d'un bon état de santé et à la prévention des pathologies chroniques les plus fréquentes. Notre mode de vie évolue en permanence et ce phénomène s'accélère ces dernières années avec le développement de nouvelles technologies amenant à une limitation de l'activité et une augmentation de la sédentarité au quotidien.

La recherche sur l'activité physique et la sédentarité est un champ relativement nouveau, en développement. Hier s'intéressant aux comportements envisagés de façon globale, à leurs déterminants et leurs effets sur la santé, aujourd'hui l'attention se porte sur des domaines spécifiques, définis en fonction du contexte de réalisation. On peut faire l'hypothèse que s'il est si difficile de faire changer le comportement global d'un individu, peut-être sera-t-il plus aisé de lui faire changer un comportement dans un domaine particulier. La marche et le vélo, dans cette optique, peuvent permettre d'atteindre les niveaux recommandés d'activité physique sans bouleverser le quotidien des individus.

Les données que nous avons obtenues suggèrent qu'il est important pour les interventions de santé publique de cibler des comportements spécifiques définis en fonction du contexte de réalisation. Certaines différences entre la marche et le vélo doivent être soulignées. Pour la marche, nous avons identifié de nombreux facteurs individuels associés aux différentes pratiques de la marche, mais les différents types de marche étaient peu associés entre eux. À l'inverse, pour la pratique du vélo ; nous n'avons identifié que peu de facteurs individuels associés, mais les différents domaines de pratique du vélo étaient fortement associés entre eux. On peut faire l'hypothèse que pratiquer le vélo dans un domaine pourrait aider à le pratiquer dans d'autres domaines, alors que pour la marche des actions sur chaque domaine devraient être envisagées. Il ne s'agit cependant que d'hypothèses.

Parallèlement à l'étude des facteurs associés à des sous-domaines de l'activité physique et de la sédentarité, nous nous sommes intéressés à ces comportements liés aux événements de vie. Nous avons montré que des associations pouvant exister avant la retraite étaient

différentes après le passage à retraite, indiquant qu'un événement bref pouvait radicalement modifier les comportements et indiquant l'importance de certaines périodes de la vie « à risque » pouvant constituer des moments cibles pour les interventions.

Au cours de notre travail, nous avons focalisé notre attention sur les relations de l'activité physique et de la sédentarité avec certains facteurs associés et leurs effets sur la santé. Les résultats scientifiques produits lors de cette thèse serviront d'abord à court terme pour les analyses en cours dans le projet ACTI-Cités, portant sur les relations entre facteurs d'environnement et pratiques de transport actif. Il s'agira de mieux comprendre, en plus des facteurs individuels étudiés dans notre travail, l'influence des caractéristiques de l'espace de vie (ou d'activité) des sujets sur leur activité physique au quotidien, et avant tout la pratique de la marche et du vélo. Dans une perspective d'actions de prévention et de promotion de la santé, les données issues de notre travail fournissent des éléments pouvant guider les approches interventionnelles en population centrées sur la pratique de la marche et du vélo. Elles indiquent que la prise en compte du domaine de marche et de vélo est importante et que certaines étapes de la vie représentent des moments plus particulièrement à risque.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aadahl, M., M. Kjaer & T. Jorgensen (2007) Influence of time spent on TV viewing and vigorous intensity physical activity on cardiovascular biomarkers. The Inter 99 study. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*, 14, 660-5.
- Adams, J. (2010) Prevalence and socio-demographic correlates of "active transport" in the UK: analysis of the UK time use survey 2005. *Prev Med*, 50, 199-203.
- Agrawal, A. W. & P. Schimek (2007) Extent and correlates of walking in the USA. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 12, 548-563.
- Ainsworth, B., L. Cahalin, M. Buman & R. Ross (2015) The current state of physical activity assessment tools. *Progress in cardiovascular diseases*, 57, 387-395.
- Ainsworth, B. E., W. L. Haskell, S. D. Herrmann, N. Meckes, D. R. Bassett, Jr., C. Tudor-Locke, J. L. Greer, J. Vezina, M. C. Whitt-Glover & A. S. Leon (2011) 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Med Sci Sports Exerc*, 43, 1575-81.
- Ainsworth, B. E., W. L. Haskell, M. C. Whitt, M. L. Irwin, A. M. Swartz, S. J. Strath, W. L. O'Brien, D. R. Bassett, Jr., K. H. Schmitz, P. O. Emplaincourt, D. R. Jacobs, Jr. & A. S. Leon (2000) Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc*, 32, S498-504.
- Ajzen, I. (2011) The theory of planned behaviour: reactions and reflections. *Psychol Health*, 26, 1113-27.
- Alberti, K. G., R. H. Eckel, S. M. Grundy, P. Z. Zimmet, J. I. Cleeman, K. A. Donato, J. C. Fruchart, W. P. James, C. M. Loria & S. C. Smith, Jr. (2009) Harmonizing the metabolic syndrome: a joint interim statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity. *Circulation*, 120, 1640-5.
- Allender, S., L. Hutchinson & C. Foster (2008) Life-change events and participation in physical activity: a systematic review. *Health Promot Int*, 23, 160-72.
- Andersen, L. B., P. Schnohr, M. Schroll & H. O. Hein (2000) All-cause mortality associated with physical activity during leisure time, work, sports, and cycling to work. *Arch Intern Med*, 160, 1621-8.
- Andersen, L. B., N. Wedderkopp, P. Kristensen, N. C. Moller, K. Froberg & A. R. Cooper (2011) Cycling to school and cardiovascular risk factors: a longitudinal study. *J Phys Act Health*, 8, 1025-33.
- Aquatias, S., J.-F. Arnal, D. Rivière, J. Bilard, J.-P. Callède, J.-M. Casillas, M. Choquet, C. Cohen-Salmon, D. Courteix & M. Duclos (2008) Activité physique: Contextes et effets sur la santé.
- Audrey, S. & S. Procter (2015) Employers' views of promoting walking to work: a qualitative study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 12, 12.
- Bagozzi, R. W., PR. (1990) Trying to consume. *J Consum Res.*, 17, 127-140.
- Ball, K., A. Timperio, J. Salmon, B. Giles-Corti, R. Roberts & D. Crawford (2007) Personal, social and environmental determinants of educational inequalities in walking: a multilevel study. *J Epidemiol Community Health*, 61, 108-14.
- Bamberg, S., I. Ajzen & P. Schmidt (2003) Choice of travel mode in the theory of planned behavior: The roles of past behavior, habit, and reasoned action. *Basic and applied social psychology*, 25, 175-187.
- Barengo, N. C., M. Kastarinen, T. Lakka, A. Nissinen & J. Tuomilehto (2006) Different forms of physical activity and cardiovascular risk factors among 24-64-year-old men and women in Finland. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*, 13, 51-9.

- Barnekow-Bergkvist, M., G. Hedberg, U. Janlert & E. Jansson (1998) Prediction of physical fitness and physical activity level in adulthood by physical performance and physical activity in adolescence--an 18-year follow-up study. *Scand J Med Sci Sports*, 8, 299-308.
- Barnett, I., C. Guell & D. Ogilvie (2012a) The experience of physical activity and the transition to retirement: a systematic review and integrative synthesis of qualitative and quantitative evidence. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 9, 97.
- Barnett, I., E. van Sluijs, D. Ogilvie & N. J. Wareham (2013a) Changes in household, transport and recreational physical activity and television viewing time across the transition to retirement: longitudinal evidence from the EPIC-Norfolk cohort. *J Epidemiol Community Health*.
- Barnett, I., E. van Sluijs, D. Ogilvie & N. J. Wareham (2013b) Changes in household, transport and recreational physical activity and television viewing time across the transition to retirement: longitudinal evidence from the EPIC-Norfolk cohort. *Journal of epidemiology and community health*, jech-2013-203225.
- Barnett, I., E. M. van Sluijs & D. Ogilvie (2012b) Physical activity and transitioning to retirement: a systematic review. *Am J Prev Med*, 43, 329-36.
- Bartel, K. A., M. Gradisar & P. Williamson (2015) Protective and risk factors for adolescent sleep: a meta-analytic review. *Sleep Med Rev*, 21, 72-85.
- Basner, M., K. M. Fomberstein, F. M. Razavi, S. Banks, J. H. William, R. R. Rosa & D. F. Dinges (2007) American time use survey: sleep time and its relationship to waking activities. *Sleep*, 30, 1085-95.
- Bauman, A., N. Curac, L. King, K. Venugopal & D. Merom (2012a) Active, healthy cities? how does population physical activity vary between Australian cities? *Health Promotion Journal of Australia*, 23, 201-207.
- Bauman, A. E., R. S. Reis, J. F. Sallis, J. C. Wells, R. J. Loos & B. W. Martin (2012b) Correlates of physical activity: why are some people physically active and others not? *Lancet*, 380, 258-71.
- Bauman, A. E., J. F. Sallis, D. A. Dzawaltowski & N. Owen (2002) Toward a better understanding of the influences on physical activity: the role of determinants, correlates, causal variables, mediators, moderators, and confounders. *American journal of preventive medicine*, 23, 5-14.
- Becker, S. & M. Zimmermann-Stenzel (2009) [No sports= no exercise?--sports, overweight and physical activity in the 50-70 age group in Baden-Wuerttemberg]. *Zeitschrift fur Gerontologie und Geriatrie*, 42, 20-27.
- Berger, U., G. Der, N. Mutrie & M. Hannah (2005) The impact of retirement on physical activity. *Ageing Soc*, 25, 181-195.
- Bergouignan, A., F. Rudwill, C. Simon & S. Blanc (2011) Physical inactivity as the culprit of metabolic inflexibility: evidence from bed-rest studies. *J Appl Physiol (1985)*, 111, 1201-10.
- Berthouze, S. E., P. M. Minaire, J. C. Chatard, C. Boutet, J. Castells & J. R. Lacour (1993) A new tool for evaluating energy expenditure: the "QAPSE" development and validation. *Med Sci Sports Exerc*, 25, 1405-14.
- Bertrais, S., J. P. Beyeme-Ondoua, S. Czernichow, P. Galan, S. Hercberg & J. M. Oppert (2005) Sedentary behaviors, physical activity, and metabolic syndrome in middle-aged French subjects. *Obes Res*, 13, 936-44.
- Besson, H., S. Brage, R. W. Jakes, U. Ekelund & N. J. Wareham (2010) Estimating physical activity energy expenditure, sedentary time, and physical activity intensity by self-report in adults. *Am J Clin Nutr*, 91, 106-14.
- Besson, H., U. Ekelund, S. Brage, R. Luben, S. Bingham, K. T. Khaw & N. J. Wareham (2008) Relationship between subdomains of total physical activity and mortality. *Med Sci Sports Exerc*, 40, 1909-15.

- Beunza, J. J., M. A. Martinez-Gonzalez, S. Ebrahim, M. Bes-Rastrollo, J. Nunez, J. A. Martinez & A. Alonso (2007) Sedentary behaviors and the risk of incident hypertension: the SUN Cohort. *Am J Hypertens*, 20, 1156-62.
- Biddle, S. J. (2007) Sedentary behavior. *Am J Prev Med*, 33, 502-4.
- Blair, S. N., H. W. Kohl, N. F. Gordon & R. S. Paffenbarger, Jr. (1992) How much physical activity is good for health? *Annu Rev Public Health*, 13, 99-126.
- Bond, D. S., S. Phelan, T. M. Leahey, J. O. Hill & R. R. Wing (2009) Weight-loss maintenance in successful weight losers: surgical vs non-surgical methods. *International Journal of Obesity*, 33, 173-180.
- Bond, D. S., S. Phelan, L. G. Wolfe, R. K. Evans, J. G. Meador, J. M. Kellum, J. W. Maher & R. R. Wing (2008) Becoming physically active after bariatric surgery is associated with improved weight loss and health-related quality of life. *Obesity (Silver Spring)*, 17.
- Boone-Heinonen, J., K. R. Evenson, D. R. Taber & P. Gordon-Larsen (2009) Walking for prevention of cardiovascular disease in men and women: a systematic review of observational studies. *Obes Rev*, 10, 204-17.
- Bopp, M., A. T. Kaczynski & M. E. Campbell (2013) Social ecological influences on work-related active commuting among adults. *Am J Health Behav*, 37, 543-54.
- Bossé, R. & D. J. Ekerdt (1981) Change in self-perception of leisure activities with retirement. *The Gerontologist*, 21, 650-654.
- Braude, L. & R. J. Stevenson (2014) Watching television while eating increases energy intake. Examining the mechanisms in female participants. *Appetite*, 76, 9-16.
- Brouard, B., A. Chieh, H. Lelong & M. Menai (2015) LB01.09: Study of a large cohort of connected devices users to assess the association between walking and blood pressure. *J Hypertens*, 33 Suppl 1, e47.
- Brown, W. J., K. C. Heesch & Y. D. Miller (2009) Life events and changing physical activity patterns in women at different life stages. *Ann Behav Med*, 37, 294-305.
- Buckworth, J. & C. Nigg (2004) Physical activity, exercise, and sedentary behavior in college students. *J Am Coll Health*, 53, 28-34.
- Butler, G. P., H. M. Orpana & A. J. Wiens (2007) By your own two feet: factors associated with active transportation in Canada. *Can J Public Health*, 98, 259-64.
- Cajochen, C., S. Frey, D. Anders, J. Spati, M. Bues, A. Pross, R. Mager, A. Wirz-Justice & O. Stefani (2011) Evening exposure to a light-emitting diodes (LED)-backlit computer screen affects circadian physiology and cognitive performance. *J Appl Physiol (1985)*, 110, 1432-8.
- Cart, L. R. S. M. (2012) Letter to the editor: standardized use of the terms "sedentary" and "sedentary behaviours".
- Castetbon, K., M. Vernay, A. Malon, B. Salanave, V. Deschamps, C. Roudier, A. Oleko, E. Szego & S. Hercberg (2009) Dietary intake, physical activity and nutritional status in adults: the French nutrition and health survey (ENNS, 2006-2007). *Br J Nutr*, 102, 733-43.
- Chang, A. M., D. Aeschbach, J. F. Duffy & C. A. Czeisler (2015) Evening use of light-emitting eReaders negatively affects sleep, circadian timing, and next-morning alertness. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 112, 1232-7.
- Chapman, C. D., C. Benedict, S. J. Brooks & H. B. Schioth (2012) Lifestyle determinants of the drive to eat: a meta-analysis. *Am J Clin Nutr*, 96, 492-7.
- Chasan-Taber, L., J. B. Erickson, J. W. McBride, P. C. Nasca, S. Chasan-Taber & P. S. Freedson (2002) Reproducibility of a self-administered lifetime physical activity questionnaire among female college alumnae. *Am J Epidemiol*, 155, 282-9.
- Chasens, E. R., S. M. Sereika, T. E. Weaver & M. G. Umlauf (2007) Daytime sleepiness, exercise, and physical function in older adults. *J Sleep Res*, 16, 60-5.
- Chau, J. Y., A. Grunseit, K. Midthjell, J. Holmen, T. L. Holmen, A. E. Bauman & H. P. van der Ploeg (2014) Cross-sectional associations of total sitting and leisure screen time with

- cardiometabolic risk in adults. Results from the HUNT Study, Norway. *J Sci Med Sport*, 17, 78-84.
- Chau, J. Y., H. P. Van Der Ploeg, S. Dunn, J. Kurko & A. E. Bauman (2012) Validity of the occupational sitting and physical activity questionnaire. *Medicine and science in sports and exercise*, 44, 118-125.
- Chen, X., Z. Pang & K. Li (2009) Dietary fat, sedentary behaviors and the prevalence of the metabolic syndrome among Qingdao adults. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 19, 27-34.
- Chiu, H. Y., H. C. Huang, P. Y. Chen, W. H. Hou & P. S. Tsai (2015) Walking improves sleep in individuals with cancer: a meta-analysis of randomized, controlled trials. *Oncol Nurs Forum*, 42, E54-62.
- Christiansen, E., A. Swann & T. I. Sørensen (2008) Feedback models allowing estimation of thresholds for self-promoting body weight gain. *Journal of theoretical biology*, 254, 731-736.
- Compernelle, S. & C. Vandelanotte (2015) Effectiveness of a web-based, computer-tailored, pedometer-based physical activity intervention for adults: a cluster randomized controlled trial. 17, e38.
- Coogan, P. F., L. F. White, S. R. Evans, J. R. Palmer & L. Rosenberg (2012) The influence of neighborhood socioeconomic status and walkability on TV viewing time. *J Phys Act Health*, 9, 1074-9.
- Cooper, A. R., S. Sebire, A. A. Montgomery, T. J. Peters, D. J. Sharp, N. Jackson, K. Fitzsimons, C. M. Dayan & R. C. Andrews (2012) Sedentary time, breaks in sedentary time and metabolic variables in people with newly diagnosed type 2 diabetes. *Diabetologia*, 55, 589-99.
- Corder, K., S. Brage & U. Ekelund (2007) Accelerometers and pedometers: methodology and clinical application. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 10, 597-603.
- Craig, C., A. Marshall, M. Sjöström, A. Bauman, M. Booth, B. Ainsworth, M. Pratt, U. Ekelund, A. Yngve & J. Sallis (2003) and the IPAQ Consensus Group and the IPAQ Reliability and Validity Study Group. International Physical Activity Questionnaire (IPAQ): 12-country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc*, 35, 1381-1395.
- Crawford, D. A., R. W. Jeffery & S. A. French (1999) Television viewing, physical inactivity and obesity. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 23, 437-40.
- Cunningham, G. O. & 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. *Am J Health Promot*, 18, 435-43.
- Czernichow, S., S. Bertrais, P. Preziosi, P. Galan, S. Hercberg & J. Oppert (2004) Indicators of abdominal adiposity in middle-aged participants of the SU. VI. MAX study: relationships with educational level, smoking status and physical inactivity. *Diabetes & metabolism*, 30, 153-159.
- Dangardt, F. J., W. J. McKenna, T. F. Luscher & J. E. Deanfield (2013) Exercise: friend or foe? *Nat Rev Cardiol*, 10, 495-507.
- de Bruijn, G. J., S. P. Kremers, A. Singh, B. van den Putte & W. van Mechelen (2009) Adult active transportation: adding habit strength to the theory of planned behavior. *Am J Prev Med*, 36, 189-94.
- de Geus, B., I. De Bourdeaudhuij, C. Jannes & R. Meeusen (2008) Psychosocial and environmental factors associated with cycling for transport among a working population. *Health Educ Res*, 23, 697-708.
- de Rezende, L. F., M. Rodrigues Lopes, J. P. Rey-Lopez, V. K. Matsudo & C. Luiz Odo (2014) Sedentary behavior and health outcomes: an overview of systematic reviews. *PLoS One*, 9, e105620.
- Deforche, B., D. Van Dyck, T. Deliëns & I. De Bourdeaudhuij (2015) Changes in weight, physical activity, sedentary behaviour and dietary intake during the transition to higher

- education: a prospective study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 12, 16.
- Di Pietro, L., J. Dziura & S. N. Blair (2004) Estimated change in physical activity level (PAL) and prediction of 5-year weight change in men: the Aerobics Center Longitudinal Study. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 28, 1541-7.
- DiPietro, L., H. W. Kohl, 3rd, C. E. Barlow & S. N. Blair (1998) Improvements in cardiorespiratory fitness attenuate age-related weight gain in healthy men and women: the Aerobics Center Longitudinal Study. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 22, 55-62.
- Dumith, S. C., P. C. Hallal, R. S. Reis & H. W. Kohl, 3rd (2011) Worldwide prevalence of physical inactivity and its association with human development index in 76 countries. *Prev Med*, 53, 24-8.
- Duncan, M. J., J. C. Spence & W. K. Mummery (2005) Perceived environment and physical activity: a meta-analysis of selected environmental characteristics. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 2, 11.
- Dunstan, D. W., E. L. Barr, G. N. Healy, J. Salmon, J. E. Shaw, B. Balkau, D. J. Magliano, A. J. Cameron, P. Z. Zimmet & N. Owen (2010) Television viewing time and mortality: the Australian Diabetes, Obesity and Lifestyle Study (AusDiab). *Circulation*, 121, 384-91.
- Dunstan, D. W., J. Salmon, N. Owen, T. Armstrong, P. Z. Zimmet, T. A. Welborn, A. J. Cameron, T. Dwyer, D. Jolley & J. E. Shaw (2005) Associations of TV viewing and physical activity with the metabolic syndrome in Australian adults. *Diabetologia*, 48, 2254-61.
- Durante, R. & B. E. Ainsworth (1996) The recall of physical activity: using a cognitive model of the question-answering process. *Med Sci Sports Exerc*, 28, 1282-91.
- Ekelund, U., S. Brage, H. Besson, S. Sharp & N. J. Wareham (2008) Time spent being sedentary and weight gain in healthy adults: reverse or bidirectional causality? *Am J Clin Nutr*, 88, 612-7.
- Ekelund, U., S. Brage, S. J. Griffin & N. J. Wareham (2009) Objectively measured moderate- and vigorous-intensity physical activity but not sedentary time predicts insulin resistance in high-risk individuals. *Diabetes Care*, 32, 1081-6.
- Empana, J.-P., Y. Dauvilliers, J.-F. Dartigues, K. Ritchie, J. Gariépy, X. Jouven, C. Tzourio, P. Amouyel, A. Besset & P. Ducimetiere (2009) Excessive Daytime Sleepiness Is an Independent Risk Indicator for Cardiovascular Mortality in Community-Dwelling Elderly The Three City Study. *Stroke*, 40, 1219-1224.
- Engberg, M. E., M. Alen, K. Kukkonen-Harjula, J. E. Peltonen, H. O. Tikkanen & H. Pekkarinen (2012) Life events and change in leisure time physical activity. *Sports medicine*, 42, 433-447.
- ENNS, E. N. N. S. 2006. Situation nutritionnelle en France en 2006 selon les indicateurs d'objectif et les repères du programme national nutrition santé (PNNS). Institut de Veille Sanitaire INVS.
- Eurobarometer, S. (2013) Sport and Physical Activity. *Belgium: TNS Opinion & Social*.
- Evenson, K. R., W. D. Rosamond, J. Cai, A. V. Diez-Roux & F. L. Brancati (2002) Influence of retirement on leisure-time physical activity: the atherosclerosis risk in communities study. *Am J Epidemiol*, 155, 692-9.
- Folsom, A. R., D. K. Arnett, R. G. Hutchinson, F. Liao, L. X. Clegg & L. S. Cooper (1997) Physical activity and incidence of coronary heart disease in middle-aged women and men. *Med Sci Sports Exerc*, 29, 901-9.
- Folsom, A. R., L. H. Kushi & C. P. Hong (2000) Physical activity and incident diabetes mellitus in postmenopausal women. *Am J Public Health*, 90, 134-8.
- Ford, E. S. (2012) Combined television viewing and computer use and mortality from all-causes and diseases of the circulatory system among adults in the United States. *BMC Public Health*, 12, 70.

- Ford, E. S. & C. J. Caspersen (2012) Sedentary behaviour and cardiovascular disease: a review of prospective studies. *International journal of epidemiology*, 41, 1338-1353.
- Ford, E. S., H. W. Kohl, 3rd, A. H. Mokdad & U. A. Ajani (2005) Sedentary behavior, physical activity, and the metabolic syndrome among U.S. adults. *Obes Res*, 13, 608-14.
- Ford, E. S., M. B. Schulze, J. Kroger, T. Pischon, M. M. Bergmann & H. Boeing (2010) Television watching and incident diabetes: Findings from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition-Potsdam Study. *J Diabetes*, 2, 23-7.
- Frank, L., J. Kerr, D. Rosenberg & A. King (2010) Healthy aging and where you live: community design relationships with physical activity and body weight in older Americans. *J Phys Act Health*, 7 Suppl 1, S82-90.
- Friedenreich, C. M., K. S. Courneya & H. E. Bryant (1998) The lifetime total physical activity questionnaire: development and reliability. *Med Sci Sports Exerc*, 30, 266-74.
- Frost, C. & G. T. Simon (2000) Correcting for Regression Dilution Bias: Comparison of Methods for a Single Predictor Variable. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (Statistics in Society)*, 163, 173-189.
- Fujita, K., H. Takahashi, C. Miura, T. Ohkubo, Y. Sato, T. Ugajin, K. Kurashima, Y. Tsubono, I. Tsuji, A. Fukao & S. Hisamichi (2004) Walking and mortality in Japan: the Miyagi Cohort Study. *J Epidemiol*, 14 Suppl 1, S26-32.
- Fung, T. T., F. B. Hu, J. Yu, N. F. Chu, D. Spiegelman, G. H. Tofler, W. C. Willett & E. B. Rimm (2000) Leisure-time physical activity, television watching, and plasma biomarkers of obesity and cardiovascular disease risk. *Am J Epidemiol*, 152, 1171-8.
- Galea, S. & M. Tracy (2007) Participation rates in epidemiologic studies. *Annals of epidemiology*, 17, 643-653.
- Gao, X., M. E. Nelson & K. L. Tucker (2007) Television viewing is associated with prevalence of metabolic syndrome in Hispanic elders. *Diabetes Care*, 30, 694-700.
- Garber, C. E., B. Blissmer, M. R. Deschenes, B. A. Franklin, M. J. Lamonte, I. M. Lee, D. C. Nieman & D. P. Swain (2011) American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 43, 1334-59.
- Gardiner, P. A., E. G. Eakin, G. N. Healy & N. Owen (2011a) Feasibility of reducing older adults' sedentary time. *American journal of preventive medicine*, 41, 174-177.
- Gardiner, P. A., G. N. Healy, E. G. Eakin, B. K. Clark, D. W. Dunstan, J. E. Shaw, P. Z. Zimmet & N. Owen (2011b) Associations between television viewing time and overall sitting time with the metabolic syndrome in older men and women: the Australian Diabetes, Obesity and Lifestyle study. *J Am Geriatr Soc*, 59, 788-96.
- Gennuso, K. P., R. E. Gangnon, C. E. Matthews, K. M. Thraen-Borowski & L. H. Colbert (2013) Sedentary behavior, physical activity, and markers of health in older adults. *Med Sci Sports Exerc*, 45, 1493-1500.
- Gennuso, K. P., R. E. Gangnon, K. M. Thraen-Borowski & L. H. Colbert (2015) Dose-response relationships between sedentary behaviour and the metabolic syndrome and its components. *Diabetologia*, 58, 485-92.
- Golubic, R., U. Ekelund, K. Wijndaele, R. Luben, K. T. Khaw, N. J. Wareham & S. Brage (2013) Rate of weight gain predicts change in physical activity levels: a longitudinal analysis of the EPIC-Norfolk cohort. *Int J Obes (Lond)*, 37, 404-9.
- Gomez-Cabello, A., R. Pedrero-Chamizo, P. R. Olivares, R. Hernandez-Perera, J. A. Rodriguez-Marroyo, E. Mata, S. Aznar, J. G. Villa, L. Espino-Toron, N. Gusi, M. Gonzalez-Gross, J. A. Casajus, I. Ara & G. Vicente-Rodriguez (2012) Sitting time increases the overweight and obesity risk independently of walking time in elderly people from Spain. *Maturitas*, 73, 337-43.

- Gorber, S. C., M. Tremblay, D. Moher & B. Gorber (2007) A comparison of direct vs. self-report measures for assessing height, weight and body mass index: a systematic review. *Obesity reviews*, 8, 307-326.
- Gordon-Larsen, P., J. Boone-Heinonen, S. Sidney, B. Sternfeld, D. R. Jacobs, Jr. & C. E. Lewis (2009) Active commuting and cardiovascular disease risk: the CARDIA study. *Arch Intern Med*, 169, 1216-23.
- Grasser, G., D. Van Dyck, S. Titze & W. Stronegger (2013) Objectively measured walkability and active transport and weight-related outcomes in adults: a systematic review. *Int J Public Health*, 58, 615-25.
- Gregg, E. W., J. A. Cauley, K. Stone, T. J. Thompson, D. C. Bauer, S. R. Cummings & K. E. Ensrud (2003) Relationship of changes in physical activity and mortality among older women. *Jama*, 289, 2379-86.
- Grundy, S. M., J. I. Cleeman, S. R. Daniels, K. A. Donato, R. H. Eckel, B. A. Franklin, D. J. Gordon, R. M. Krauss, P. J. Savage, S. C. Smith, Jr., J. A. Spertus & F. Costa (2005) Diagnosis and management of the metabolic syndrome: an American Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute Scientific Statement. *Circulation*, 112, 2735-52.
- Guilleminault, C. & S. N. Brooks (2001) Excessive daytime sleepiness. *Brain*, 124, 1482-1491.
- Guthold, R., S. A. Louazani, L. M. Riley, M. J. Cowan, P. Bovet, A. Damasceno, B. H. Sambo, F. Tesfaye & T. P. Armstrong (2011) Physical activity in 22 African countries: results from the World Health Organization STEPwise approach to chronic disease risk factor surveillance. *Am J Prev Med*, 41, 52-60.
- Hagstromer, M., P. Oja & M. Sjostrom (2006) The International Physical Activity Questionnaire (IPAQ): a study of concurrent and construct validity. *Public Health Nutr*, 9, 755-62.
- Hakim, A. A., H. Petrovitch, C. M. Burchfiel, G. W. Ross, B. L. Rodriguez, L. R. White, K. Yano, J. D. Curb & R. D. Abbott (1998) Effects of walking on mortality among nonsmoking retired men. *N Engl J Med*, 338, 94-9.
- Hale, L. & S. Guan (2015) Screen time and sleep among school-aged children and adolescents: a systematic literature review. *Sleep Med Rev*, 21, 50-8.
- Hallal, P. C. & C. G. Victora (2004) Reliability and validity of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ). *Med Sci Sports Exerc*, 36, 556.
- Halldin, M., M. Rosell, U. de Faire & M. L. Hellenius (2007) The metabolic syndrome: prevalence and association to leisure-time and work-related physical activity in 60-year-old men and women. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 17, 349-57.
- Hamer, M. & Y. Chida (2008) Active commuting and cardiovascular risk: a meta-analytic review. *Prev Med*, 46, 9-13.
- Hamer, M., K. L. Lavoie & S. L. Bacon (2014) Taking up physical activity in later life and healthy ageing: the English longitudinal study of ageing. *Br J Sports Med*, 48, 239-43.
- Hamer, M., E. Stamatakis & G. D. Mishra (2010) Television- and screen-based activity and mental well-being in adults. *Am J Prev Med*, 38, 375-80.
- Hamilton, M. T., D. G. Hamilton & T. W. Zderic (2007) Role of low energy expenditure and sitting in obesity, metabolic syndrome, type 2 diabetes, and cardiovascular disease. *Diabetes*, 56, 2655-67.
- Hamman, R. F., R. R. Wing, S. L. Edelstein, J. M. Lachin, G. A. Bray, L. Delahanty, M. Hoskin, A. M. Kriska, E. J. Mayer-Davis & X. Pi-Sunyer (2006) Effect of weight loss with lifestyle intervention on risk of diabetes. *Diabetes care*, 29, 2102-2107.
- Handy, S., X. Cao & P. L. Mokhtarian (2006) Self-selection in the relationship between the built environment and walking: Empirical evidence from Northern California. *Journal of the American Planning Association*, 72, 55-74.
- Harvey, J. A., S. F. Chastin & D. Skelton (2014) How Sedentary are Older People? A Systematic Review of the Amount of Sedentary Behavior. *Journal of aging and physical activity*.

- Hayley, A. C., L. J. Williams, G. A. Kennedy, M. Berk, S. L. Brennan & J. A. Pasco (2015) Excessive daytime sleepiness and metabolic syndrome: a cross-sectional study. *Metabolism*, 64, 244-52.
- Hays, J. C., D. G. Blazer & D. J. Foley (1996) Risk of napping: excessive daytime sleepiness and mortality in an older community population. *J Am Geriatr Soc*, 44, 693-8.
- He, D., B. Xi, J. Xue, P. Huai, M. Zhang & J. Li (2014) Association between leisure time physical activity and metabolic syndrome: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Endocrine*, 46, 231-40.
- Healy, G. N., C. E. Matthews, D. W. Dunstan, E. A. Winkler & N. Owen (2011) Sedentary time and cardio-metabolic biomarkers in US adults: NHANES 2003-06. *Eur Heart J*, 32, 590-7.
- Healy, G. N., K. Wijndaele, D. W. Dunstan, J. E. Shaw, J. Salmon, P. Z. Zimmet & N. Owen (2008) Objectively measured sedentary time, physical activity, and metabolic risk: the Australian Diabetes, Obesity and Lifestyle Study (AusDiab). *Diabetes Care*, 31, 369-71.
- Hearst, M. O., J. R. Sirard, A. Forsyth, E. D. Parker, E. G. Klein, C. G. Green & L. A. Lytle (2013) The relationship of area-level sociodemographic characteristics, household composition and individual-level socioeconomic status on walking behavior among adults. *Transp Res Part A Policy Pract*, 50, 149-157.
- Heath, G. W., D. C. Parra, O. L. Sarmiento, L. B. Andersen, N. Owen, S. Goenka, F. Montes & R. C. Brownson (2012) Evidence-based intervention in physical activity: lessons from around the world. *Lancet*, 380, 272-81.
- Heesch, K. C., B. Giles-Corti & G. Turrell (2014) Cycling for transport and recreation: associations with socio-economic position, environmental perceptions, and psychological disposition. *Prev Med*, 63, 29-35.
- Heinen, E., J. Panter, R. Mackett & D. Ogilvie (2015) Changes in mode of travel to work: a natural experimental study of new transport infrastructure. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 12, 81.
- Helmerhorst, H. J., S. Brage, J. Warren, H. Besson & U. Ekelund (2012) A systematic review of reliability and objective criterion-related validity of physical activity questionnaires. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 9, 103-57.
- Helmerhorst, H. J., K. Wijndaele, S. Brage, N. J. Wareham & U. Ekelund (2009) Objectively measured sedentary time may predict insulin resistance independent of moderate- and vigorous-intensity physical activity. *Diabetes*, 58, 1776-9.
- Henson, J., T. Yates, S. J. Biddle, C. L. Edwardson, K. Khunti, E. G. Wilmot, L. J. Gray, T. Gorely, M. A. Nimmo & M. J. Davies (2013) Associations of objectively measured sedentary behaviour and physical activity with markers of cardiometabolic health. *Diabetologia*.
- Hercberg, S., P. Galan, P. Preziosi, S. Bertrais, L. Mennen, D. Malvy, A. M. Roussel, A. Favier & S. Briancon (2004) The SU.VI.MAX Study: a randomized, placebo-controlled trial of the health effects of antioxidant vitamins and minerals. *Arch Intern Med*, 164, 2335-42.
- Hercberg, S., P. Galan, P. Preziosi, A. Roussel, J. Arnaud, M. Richard, D. Malvy, A. Paul-Dauphin, S. Briancon & A. Favier (1997) 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 Mineraux AntioXydants Study. *International journal for vitamin and nutrition research. Internationale Zeitschrift fur Vitamin-und Ernährungsforschung. Journal international de vitaminologie et de nutrition*, 68, 3-20.
- Hercberg, S., P. Preziosi, S. Briancon, P. Galan, I. Triol, D. Malvy, A. M. Roussel & A. Favier (1998) A primary prevention trial using nutritional doses of antioxidant vitamins and minerals in cardiovascular diseases and cancers in a general population: the SU.VI.MAX study--design, methods, and participant characteristics. SUPplementation en Vitamines et Mineraux AntioXydants. *Control Clin Trials*, 19, 336-51.
- Horne, J. A. (1981) The effects of exercise upon sleep: a critical review. *Biol Psychol*, 12, 241-90.

- Horne, J. A. & L. H. Staff (1983) Exercise and sleep: body-heating effects. *Sleep*, 6, 36-46.
- Hu, F. B., M. F. Leitzmann, M. J. Stampfer, G. A. Colditz, W. C. Willett & E. B. Rimm (2001) Physical activity and television watching in relation to risk for type 2 diabetes mellitus in men. *Arch Intern Med*, 161, 1542-8.
- Hu, F. B., T. Y. Li, G. A. Colditz, W. C. Willett & J. E. Manson (2003) Television watching and other sedentary behaviors in relation to risk of obesity and type 2 diabetes mellitus in women. *Jama*, 289, 1785-91.
- Hu, F. B. & J. E. Manson (2003) Walking: the best medicine for diabetes? *Arch Intern Med*, 163, 1397-8.
- Hu, F. B., M. J. Stampfer, G. A. Colditz, A. Ascherio, K. M. Rexrode, W. C. Willett & J. E. Manson (2000) Physical activity and risk of stroke in women. *Jama*, 283, 2961-7.
- Hu, G., G. Hu, H. Pekkarinen, O. Hanninen, H. Tian & R. Jin (2002a) Comparison of dietary and non-dietary risk factors in overweight and normal-weight Chinese adults. *Br J Nutr*, 88, 91-7.
- Hu, G., H. Pekkarinen, O. Hanninen, Z. Yu, Z. Guo & H. Tian (2002b) Commuting, leisure-time physical activity, and cardiovascular risk factors in China. *Med Sci Sports Exerc*, 34, 234-8.
- Hu, G., H. Pekkarinen, O. Hanninen, Z. Yu, H. Tian, Z. Guo & A. Nissinen (2002c) Physical activity during leisure and commuting in Tianjin, China. *Bull World Health Organ*, 80, 933-8.
- Huang, Y. & X. Liu (2014) Leisure-time physical activity and the risk of metabolic syndrome: meta-analysis. *Eur J Med Res*, 19, 22.
- Humpel, N., N. Owen & E. Leslie (2002) Environmental factors associated with adults' participation in physical activity: a review. *Am J Prev Med*, 22, 188-99.
- Humphreys, D. K., A. Goodman & D. Ogilvie (2013) Associations between active commuting and physical and mental wellbeing. *Prev Med*, 57, 135-9.
- Inoue, M., H. Iso, S. Yamamoto, N. Kurahashi, M. Iwasaki, S. Sasazuki & S. Tsugane (2008) Daily total physical activity level and premature death in men and women: results from a large-scale population-based cohort study in Japan (JPHC study). *Ann Epidemiol*, 18, 522-30.
- Inoue, S., T. Sugiyama, T. Takamiya, K. Oka, N. Owen & T. Shimomitsu (2012) Television viewing time is associated with overweight/obesity among older adults, independent of meeting physical activity and health guidelines. *J Epidemiol*, 22, 50-6.
- INSEE, L. R., P. (1970) Les comportements de loisirs des Français : les vacances d'été en 1969 : données sur l'environnement de l'habitat en France. *Les Collections de l'INSEE. Série M, Ménages, ISSN 0533-0823 n° 2* ISSN 0533-0823 n° 2
- Irwin, M. L., Y. Yasui, C. M. Ulrich, D. Bowen, R. E. Rudolph, R. S. Schwartz, M. Yukawa, E. Aiello, J. D. Potter & A. McTiernan (2003) Effect of exercise on total and intra-abdominal body fat in postmenopausal women: a randomized controlled trial. *Jama*, 289, 323-30.
- Jeon, C. Y., R. P. Lokken, F. B. Hu & R. M. van Dam (2007) Physical activity of moderate intensity and risk of type 2 diabetes: a systematic review. *Diabetes Care*, 30, 744-52.
- Johns, M. W. (1991) A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth sleepiness scale. *Sleep*, 14, 540-5.
- (1992) Reliability and factor analysis of the Epworth Sleepiness Scale. *Sleep*, 15, 376-81.
- Johnsen, N. F., A. Ekblond, B. L. Thomsen, K. Overvad & A. Tjønneland (2013) Leisure time physical activity and mortality. *Epidemiology*, 24, 717-25.
- Jonsson, H., S. Josephsson & G. Kielhofner (2001) Narratives and experience in an occupational transition: A longitudinal study of the retirement process. *American Journal of Occupational Therapy*, 55, 424-432.
- Jurj, A. L., W. Wen, Y. T. Gao, C. E. Matthews, G. Yang, H. L. Li, W. Zheng & X. O. Shu (2007) Patterns and correlates of physical activity: a cross-sectional study in urban Chinese women. *BMC Public Health*, 7, 213.

- Kaewthummanukul, T. & K. C. Brown (2006) Determinants of employee participation in physical activity: critical review of the literature. *Appl Physiol Nutr Diet*, 54, 249-61.
- Kaleta, D. & A. Jegier (2007) Predictors of inactivity in the working-age population. *Int J Occup Med Environ Health*, 20, 175-82.
- Kaminska, M., V. Jobin, P. Mayer, R. Amyot, M. Perraton-Brillon & F. Bellemare (2010) The Epworth Sleepiness Scale: self-administration versus administration by the physician, and validation of a French version. *Can Respir J*, 17, e27-34.
- Kassavou, A., A. Turner & D. P. French (2013) Do interventions to promote walking in groups increase physical activity? A meta-analysis. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 10, 18.
- Katzmarzyk, P. T., T. S. Church, C. L. Craig & C. Bouchard (2009) Sitting time and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer. *Med Sci Sports Exerc*, 41, 998-1005.
- Keall, M., R. Chapman, P. Howden-Chapman, K. Witten, W. Abrahamse & A. Woodward (2015) Increasing active travel: results of a quasi-experimental study of an intervention to encourage walking and cycling. *J Epidemiol Community Health*.
- Kelly, P., S. Kahlmeier, T. Götschi, N. Orsini, J. Richards, N. Roberts, P. Scarborough & C. Foster (2014a) Systematic review and meta-analysis of reduction in all-cause mortality from walking and cycling and shape of dose response relationship. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 11, 132.
- Kelly, P., S. Kahlmeier, T. Götschi, N. Orsini, J. Richards, N. Roberts, P. Scarborough & C. Foster (2014b) Systematic review and meta-analysis of reduction in all-cause mortality from walking and cycling and shape of dose response relationship. *Int. J. Behav Nutr. Phys. Activ*, 11.
- Kemppainen, J., S. Aalto, T. Fujimoto, K. K. Kalliokoski, J. Långsjö, V. Oikonen, J. Rinne, P. Nuutila & J. Knuuti (2005) High intensity exercise decreases global brain glucose uptake in humans. *The Journal of physiology*, 568, 323-332.
- Kim, M., H. Yoshida, H. Sasai, N. Kojima & H. Kim (2014) Association between objectively measured sleep quality and physical function among community-dwelling oldest old Japanese: A cross-sectional study. *Geriatr Gerontol Int*.
- Kim, Y., L. R. Wilkens, S. Y. Park, M. T. Goodman, K. R. Monroe & L. N. Kolonel (2013) Association between various sedentary behaviours and all-cause, cardiovascular disease and cancer mortality: the Multiethnic Cohort Study. *Int J Epidemiol*, 42, 1040-56.
- Knowler, W. C., E. Barrett-Connor, S. E. Fowler, R. F. Hamman, J. M. Lachin, E. A. Walker & D. M. Nathan (2002) Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med*, 346, 393-403.
- Koenen, M. A., M. W. Verheijden, M. J. Chinapaw & M. Hopman-Rock (2011) Determinants of physical activity and exercise in healthy older adults: a systematic review. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 8, 142.
- Koh-Banerjee, P., N. F. Chu, D. Spiegelman, B. Rosner, G. Colditz, W. Willett & E. Rimm (2003) Prospective study of the association of changes in dietary intake, physical activity, alcohol consumption, and smoking with 9-y gain in waist circumference among 16 587 US men. *Am J Clin Nutr*, 78, 719-27.
- Kozey-Keadle, S., A. Libertine, K. Lyden, J. Staudenmayer & P. S. Freedson (2011) Validation of wearable monitors for assessing sedentary behavior. *Med Sci Sports Exerc*, 43, 1561-7.
- Kredlow, M. A., M. C. Capozzoli, B. A. Hearon, A. W. Calkins & M. W. Otto (2015) The effects of physical activity on sleep: a meta-analytic review. *Journal of behavioral medicine*, 38, 427-449.
- Kremer, Y. & I. Harpaz (1982) Leisure patterns among retired workers: Spillover or compensatory trends? *Journal of Vocational Behavior*, 21, 183-195.
- Kriska, A. M., W. C. Knowler, R. E. LaPorte, A. L. Drash, R. R. Wing, S. N. Blair, P. H. Bennett & L. H. Kuller (1990) Development of questionnaire to examine relationship of physical activity and diabetes in Pima Indians. *Diabetes Care*, 13, 401-11.

- Kronenberg, F., M. A. Pereira, M. K. Schmitz, D. K. Arnett, K. R. Evenson, R. O. Crapo, R. L. Jensen, G. L. Burke, P. Sholinsky, R. C. Ellison & S. C. Hunt (2000) Influence of leisure time physical activity and television watching on atherosclerosis risk factors in the NHLBI Family Heart Study. *Atherosclerosis*, 153, 433-43.
- Kwon, S., K. F. Janz, E. M. Letuchy, T. L. Burns & S. M. Levy (2015) Developmental Trajectories of Physical Activity, Sports, and Television Viewing During Childhood to Young Adulthood: Iowa Bone Development Study. *JAMA pediatrics*.
- Laaksonen, D. E., H. M. Lakka, J. T. Salonen, L. K. Niskanen, R. Rauramaa & T. A. Lakka (2002) Low levels of leisure-time physical activity and cardiorespiratory fitness predict development of the metabolic syndrome. *Diabetes Care*, 25, 1612-8.
- Laaksonen, D. E., J. Lindstrom, T. A. Lakka, J. G. Eriksson, L. Niskanen, K. Wikstrom, S. Aunola, S. Keinanen-Kiukaanniemi, M. Laakso, T. T. Valle, P. Ilanne-Parikka, A. Louheranta, H. Hamalainen, M. Rastas, V. Salminen, Z. Cepaitis, M. Hakumaki, H. Kaikkonen, P. Harkonen, J. Sundvall, J. Tuomilehto & M. Uusitupa (2005) Physical activity in the prevention of type 2 diabetes: the Finnish diabetes prevention study. *Diabetes*, 54, 158-65.
- LaCroix, A. Z., S. G. Leveille, J. A. Hecht, L. C. Grothaus & E. H. Wagner (1996) Does walking decrease the risk of cardiovascular disease hospitalizations and death in older adults? *J Am Geriatr Soc*, 44, 113-20.
- Lafay, L. (2009) Rapport de l'Étude individuelle nationale des consommations alimentaires 2 (Inca 2) 2006/2007. *Maisons-Alfort: Agence française de sécurité sanitaire des aliments*.
- Lahjibi, E., B. Heude, J. M. Dekker, K. Hojlund, M. Laville, J. Nolan, J. M. Oppert & B. Balkau (2013) Impact of objectively measured sedentary behaviour on changes in insulin resistance and secretion over 3 years in the RISC study: interaction with weight gain. *Diabetes Metab*, 39, 217-25.
- Lakerveld, J., D. Dunstan, S. Bot, J. Salmon, J. Dekker, G. Nijpels & N. Owen (2011) Abdominal obesity, TV-viewing time and prospective declines in physical activity. *Prev Med*, 53, 299-302.
- Lang, I. A., N. E. Rice, R. B. Wallace, J. M. Guralnik & D. Melzer (2007) Smoking cessation and transition into retirement: analyses from the English Longitudinal Study of Ageing. *Age and ageing*, 36, 638-643.
- LaPlante, C. & W. Peng (2011) A systematic review of e-health interventions for physical activity: an analysis of study design, intervention characteristics, and outcomes. *Telemedicine and e-Health*, 17, 509-523.
- Larouche, R., L. Laurencelle, R. Shephard & F. Trudeau (2015) Daily physical education in primary school and physical activity in midlife: the Trois-Rivières study. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 55, 527-534.
- Larsen, R. N., B. A. Kingwell, P. Sethi, E. Cerin, N. Owen & D. W. Dunstan (2014) Breaking up prolonged sitting reduces resting blood pressure in overweight/obese adults. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 24, 976-82.
- Laverty, A. A., J. S. Mindell, E. A. Webb & C. Millett (2013) Active travel to work and cardiovascular risk factors in the United Kingdom. *Am J Prev Med*, 45, 282-8.
- Le Jeannic, T., J. Armoogum, E. Bouffard-Savary, C. Couderc, J. Courel, F. Delisle, P. Duprat, L. Fouin, D. François, M. Gascon & D. Godineau (2008) Enquête nationale transports et déplacements. *La Revue du CGDD*, <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/transports/trv/deplacement-mobilite/mobilite-reguliere-locale.html> (Accessed 3 July 2015).
- LeBlanc, A. G., J. C. Spence, V. Carson, S. Connor Gorber, C. Dillman, I. Janssen, M. E. Kho, J. A. Stearns, B. W. Timmons & M. S. Tremblay (2012) Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in the early years (aged 0-4 years). *Appl Physiol Nutr Metab*, 37, 753-72.

- Lee, I. M. & R. S. Paffenbarger, Jr. (2000) Associations of light, moderate, and vigorous intensity physical activity with longevity. The Harvard Alumni Health Study. *Am J Epidemiol*, 151, 293-9.
- Lewis, C. E., D. E. Smith, D. D. Wallace, O. D. Williams, D. E. Bild & D. R. Jacobs, Jr. (1997) Seven-year trends in body weight and associations with lifestyle and behavioral characteristics in black and white young adults: the CARDIA study. *Am J Public Health*, 87, 635-42.
- Li, F., K. J. Fisher, P. Harmer, D. Irbe, R. G. Tearse & C. Weimer (2004) Tai chi and self-rated quality of sleep and daytime sleepiness in older adults: a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc*, 52, 892-900.
- Li, J. & J. Siegrist (2012) Physical activity and risk of cardiovascular disease--a meta-analysis of prospective cohort studies. *Int J Environ Res Public Health*, 9, 391-407.
- Lindstrom, J., P. Ilanne-Parikka, M. Peltonen, S. Aunola, J. G. Eriksson, K. Hemio, H. Hamalainen, P. Harkonen, S. Keinanen-Kiukaanniemi, M. Laakso, A. Louheranta, M. Mannelin, M. Paturi, J. Sundvall, T. T. Valle, M. Uusitupa & J. Tuomilehto (2006) Sustained reduction in the incidence of type 2 diabetes by lifestyle intervention: follow-up of the Finnish Diabetes Prevention Study. *Lancet*, 368, 1673-9.
- Lindstrom, M. (2008) Means of transportation to work and overweight and obesity: a population-based study in southern Sweden. *Prev Med*, 46, 22-8.
- Long, J. (1987) Continuity as a basis for change: Leisure and male retirement. *Leisure Studies*, 6, 55-70.
- Maher, C. A., N. W. Burton, J. G. Van Uffelen, W. J. Brown, J. A. Sprod & T. S. Olds (2013) Changes in use of time, activity patterns, and health and wellbeing across retirement: design and methods of the life after work study. *BMC public health*, 13, 952.
- Manini, T. M., J. E. Everhart, K. V. Patel, D. A. Schoeller, L. H. Colbert, M. Visser, F. Tylavsky, D. C. Bauer, B. H. Goodpaster & T. B. Harris (2006) Daily activity energy expenditure and mortality among older adults. *Jama*, 296, 171-9.
- Mansi, S., S. Milosavljevic, S. Tumilty, P. Hendrick, C. Higgs & D. G. Baxter (2015) Investigating the effect of a 3-month workplace-based pedometer-driven walking programme on health-related quality of life in meat processing workers: a feasibility study within a randomized controlled trial. *BMC Public Health*, 15, 410.
- 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 & D. S. Siscovick (2002) Walking compared with vigorous exercise for the prevention of cardiovascular events in women. *N Engl J Med*, 347, 716-25.
- Manson, J. E., D. M. Nathan, A. S. Krolewski, M. J. Stampfer, W. C. Willett & C. H. Hennekens (1992) A prospective study of exercise and incidence of diabetes among US male physicians. *Jama*, 268, 63-7.
- Mansoubi, M., N. Pearson, S. J. Biddle & S. Clemen (2014) The relationship between sedentary behaviour and physical activity in adults: A systematic review. *Prev Med*, 69c, 28-35.
- Marsden, J. & R. B. Jones (2001) Validation of Web-based questionnaires regarding osteoporosis prevention in young British women. *Health Bull (Edinb)*, 59, 254-62.
- Matthews, C. E., S. M. George, S. C. Moore, H. R. Bowles, A. Blair, Y. Park, R. P. Troiano, A. Hollenbeck & A. Schatzkin (2012) Amount of time spent in sedentary behaviors and cause-specific mortality in US adults. *Am J Clin Nutr*, 95, 437-45.
- Matthews, C. E., A. L. Jurj, X. O. Shu, H. L. Li, G. Yang, Q. Li, Y. T. Gao & W. Zheng (2007) Influence of exercise, walking, cycling, and overall nonexercise physical activity on mortality in Chinese women. *Am J Epidemiol*, 165, 1343-50.
- Matthews, C. E. & G. Welk (2002) Use of self-report instruments to assess physical activity. *Physical activity assessments for health-related research*, 107-123.

- McClain, J. J., D. S. Lewin, A. D. Laposky, L. Kahle & D. Berrigan (2014) Associations between physical activity, sedentary time, sleep duration and daytime sleepiness in US adults. *Prev Med*, 66, 68-73.
- McCreary, D. R. & S. W. Sadava (1999) Television Viewing and Self-Perceived Health, Weight, and Physical Fitness: Evidence for the Cultivation Hypothesis. *Journal of Applied Social Psychology*, 29, 2342-2361.
- McKenzie, T. L. (2010) 2009 C. H. McCloy Lecture. Seeing is believing: observing physical activity and its contexts. *Res Q Exerc Sport*, 81, 113-22.
- McTiernan, A., B. Sorensen, M. L. Irwin, A. Morgan, Y. Yasui, R. E. Rudolph, C. Surawicz, J. W. Lampe, P. D. Lampe, K. Ayub & J. D. Potter (2007) Exercise effect on weight and body fat in men and women. *Obesity (Silver Spring)*, 15, 1496-512.
- Menai, M., L. Fezeu, H. Charreire, E. Kesse-Guyot, M. Touvier, C. Simon, C. Weber, V. A. Andreeva, S. Hercberg & J. M. Oppert (2014) Changes in sedentary behaviours and associations with physical activity through retirement: a 6-year longitudinal study. *PLoS One*, 9, e106850.
- Milton, K., R. Macniven & A. Bauman (2014) Review of the epidemiological evidence for physical activity and health from low- and middle-income countries. *Glob Public Health*, 9, 369-81.
- Morris, J. N., J. Heady, P. Raffle, C. Roberts & J. Parks (1953) Coronary heart-disease and physical activity of work. *The Lancet*, 262, 1111-1120.
- Mortensen, L. H., I. C. Siegler, J. C. Barefoot, M. Gronbaek & T. I. Sorensen (2006) Prospective associations between sedentary lifestyle and BMI in midlife. *Obesity (Silver Spring)*, 14, 1462-71.
- Muntaner, A., J. Vidal-Conti & P. Palou (2015) Increasing physical activity through mobile device interventions: A systematic review. *Health informatics journal*, 1460458214567004.
- Murtagh, G., O. C. J, O. C. E, E. Tallon, C. Watson, J. Gallagher, J. Baugh, A. Patle, O. C. L, J. Griffin, R. O'Hanlon, V. Voon, M. Ledwidge, O. S. D & K. McDonald (2015) Importance of risk factor management in diabetic patients and reduction in Stage B heart failure. *Qjm*, 108, 307-14.
- Nagai, M., S. Kuriyama, M. Kakizaki, K. Ohmori-Matsuda, T. Sone, A. Hozawa, M. Kawado, S. Hashimoto & I. Tsuji (2011) Impact of walking on life expectancy and lifetime medical expenditure: the Ohsaki Cohort Study. *BMJ Open*, 1, e000240.
- Nang, E. E., A. Salim, Y. Wu, E. S. Tai, J. Lee & R. M. Van Dam (2013) Television screen time, but not computer use and reading time, is associated with cardio-metabolic biomarkers in a multiethnic Asian population: a cross-sectional study. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 10, 70.
- Ng, S. W. & B. M. Popkin (2012) Time use and physical activity: a shift away from movement across the globe. *Obes Rev*, 13, 659-80.
- Nohr, E. A., M. Frydenberg, T. B. Henriksen & J. Olsen (2006) Does low participation in cohort studies induce bias? *Epidemiology*, 17, 413-418.
- Ogilvie, F. & A. Goodman (2012) Inequalities in usage of a public bicycle sharing scheme: socio-demographic predictors of uptake and usage of the London (UK) cycle hire scheme. *Prev Med*, 55, 40-5.
- Ohayon, M. M. (2006) Epidemiology of excessive daytime sleepiness. *Sleep Medicine Clinics*, 1, 9-16.
- Oliver, L. N., N. Schuurman & A. W. Hall (2007) Comparing circular and network buffers to examine the influence of land use on walking for leisure and errands. *Int J Health Geogr*, 6, 41.
- Owen, N., N. Humpel, E. Leslie, A. Bauman & J. F. Sallis (2004) Understanding environmental influences on walking; Review and research agenda. *Am J Prev Med*, 27, 67-76.
- Owen, N., T. Sugiyama, E. E. Eakin, P. A. Gardiner, M. S. Tremblay & J. F. Sallis (2011) Adults' sedentary behavior determinants and interventions. *Am J Prev Med*, 41, 189-96.

- Paffenbarger, R. S., Jr., A. L. Wing & R. T. Hyde (1978) Physical activity as an index of heart attack risk in college alumni. *Am J Epidemiol*, 108, 161-75.
- PAGAC (2008) Physical Activity Guidelines Advisory Committee. Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report. *Washington, DC: U.S. Department of Health and Human Services, 2008.*
- Panter, J., S. Griffin, A. M. Dalton & D. Ogilvie (2013) Patterns and predictors of changes in active commuting over 12 months. *Prev Med*, 57, 776-84.
- Panter, J., S. Griffin, A. Jones, R. Mackett & D. Ogilvie (2011a) Correlates of time spent walking and cycling to and from work: baseline results from the commuting and health in Cambridge study. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 8, 124.
- Panter, J. R. & A. Jones (2010) Attitudes and the environment as determinants of active travel in adults: what do and don't we know? *J Phys Act Health*, 7, 551-61.
- Panter, J. R., A. P. Jones, E. M. van Sluijs, S. J. Griffin & N. J. Wareham (2011b) Environmental and psychological correlates of older adult's active commuting. *Med Sci Sports Exerc*, 43, 1235-43.
- Pate, R. R., J. R. O'Neill & F. Lobelo (2008) The evolving definition of "sedentary". *Exerc Sport Sci Rev*, 36, 173-8.
- Patel, A. V., L. Bernstein, A. Deka, H. S. Feigelson, P. T. Campbell, S. M. Gapstur, G. A. Colditz & M. J. Thun (2010) Leisure time spent sitting in relation to total mortality in a prospective cohort of US adults. *Am J Epidemiol*, 172, 419-29.
- Pereira, M. A., S. J. FitzGerald, E. W. Gregg, M. L. Joswiak, W. J. Ryan, R. R. Suminski, A. C. Utter & J. M. Zmuda (1997) A collection of Physical Activity Questionnaires for health-related research. *Med Sci Sports Exerc*, 29, S1-205.
- Pinto, P. S., L. Li & C. Power (2015) Early-Life Factors and Adult Leisure-Time Physical Inactivity Stability and Change. *Medicine and science in sports and exercise.*
- Plonczynski, D. J. (2003) Physical activity determinants of older women: what influences activity? *Medsurg Nurs*, 12, 213-21, 259; quiz 222.
- Powell, K. E., A. E. Paluch & S. N. Blair (2011) Physical activity for health: What kind? How much? How intense? On top of what? *Annu Rev Public Health*, 32, 349-65.
- Pratt, M., O. L. Sarmiento, F. Montes, D. Ogilvie, B. H. Marcus, L. G. Perez, R. C. Brownson & L. P. A. S. W. Group (2012) The implications of megatrends in information and communication technology and transportation for changes in global physical activity. *The Lancet*, 380, 282-293.
- Prillwitz, J., S. Harms & M. Lanzendorf (2006) Impact of life-course events on car ownership. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1985, 71-77.
- Procter, S., N. Mutrie, A. Davis & S. Audrey (2014) Views and experiences of behaviour change techniques to encourage walking to work: a qualitative study. *BMC public health*, 14, 868.
- Proper, K. I., A. S. Singh, W. van Mechelen & M. J. Chinapaw (2011) Sedentary behaviors and health outcomes among adults: a systematic review of prospective studies. *Am J Prev Med*, 40, 174-82.
- Quan, S. F., G. T. O'Connor, J. S. Quan, S. Redline, H. E. Resnick, E. Shahar, D. Siscovick & D. L. Sherrill (2007) Association of physical activity with sleep-disordered breathing. *Sleep and Breathing*, 11, 149-157.
- Rhodes, R. E., R. S. Mark & C. P. Temmel (2012) Adult sedentary behavior: a systematic review. *Am J Prev Med*, 42, e3-28.
- Rhodes, R. E., A. D. Martin, J. E. Taunton, E. C. Rhodes, M. Donnelly & J. Elliot (1999) Factors associated with exercise adherence among older adults. An individual perspective. *Sports Med*, 28, 397-411.

- Rockhill, B., W. C. Willett, J. E. Manson, M. F. Leitzmann, M. J. Stampfer, D. J. Hunter & G. A. Colditz (2001) Physical activity and mortality: a prospective study among women. *Am J Public Health*, 91, 578-83.
- Roopa, M., M. Deepa, K. Indulekha & V. Mohan (2010) Prevalence of sleep abnormalities and their association with metabolic syndrome among Asian Indians: Chennai Urban Rural Epidemiology Study (CURES-67). *J Diabetes Sci Technol*, 4, 1524-31.
- Rosenberg, D. E., G. J. Norman, N. Wagner, K. Patrick, K. J. Calfas & J. F. Sallis (2010) Reliability and validity of the Sedentary Behavior Questionnaire (SBQ) for adults. *J Phys Act Health*, 7, 697-705.
- Rosenkoetter, M. M., J. M. Gams & R. A. Engdahl (2001) Postretirement use of time: Implications for preretirement planning and postretirement management. *Activities, Adaptation & Aging*, 25, 1-18.
- Rote, A., L. A. Klos, M. J. Brondino, A. E. Harley & A. Swartz (2015) The Efficacy of a Walking Intervention Using Social Media to Increase Physical Activity: A Randomized Trial. *Journal of physical activity & health*.
- Rothengatter, T. & R. D. Huguenin. 2004. *Traffic & Transport Psychology: Proceedings of the ICTTP 2000*. Elsevier.
- Rothman, K. J., S. Greenland & T. L. Lash. 2008. *Modern epidemiology*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Russ, L. B., C. A. Webster, M. W. Beets & D. S. Phillips (2015) Systematic Review and Meta-Analysis of Multi-component Interventions Through Schools to Increase Physical Activity. *J Phys Act Health*.
- Sabia, S., J. Dumurgier, B. Tavernier, J. Head, C. Tzourio & A. Elbaz (2014) Change in fast walking speed preceding death: results from a prospective longitudinal cohort study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 69, 354-62.
- Saelens, B. E. & S. L. Handy (2008) Built environment correlates of walking: a review. *Med Sci Sports Exerc*, 40, S550-66.
- Sahlqvist, S., A. Goodman, R. K. Simmons, K. T. Khaw, N. Cavill, C. Foster, R. Luben, N. J. Wareham & 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, e003797.
- Sahlqvist, S. L. & K. C. Heesch (2012) Characteristics of utility cyclists in Queensland, Australia: an examination of the associations between individual, social, and environmental factors and utility cycling. *J Phys Act Health*, 9, 818-28.
- Saidj, M., M. Menai, H. Charreire, C. Weber, C. Eaux, M. Aadahl, E. Kesse-Guyot, S. Hercberg, C. Simon & J.-M. Oppert (2015) Descriptive study of sedentary behaviours in 35,444 French working adults: cross-sectional findings from the ACTI-Cités study. *BMC public health*, 15, 379.
- Saleh, D. & I. Janssen (2014) Interrelationships among sedentary time, sleep duration, and the metabolic syndrome in adults. *BMC Public Health*, 14, 666.
- Salmon, J., N. Owen, D. Crawford, A. Bauman & J. F. Sallis (2003) Physical activity and sedentary behavior: a population-based study of barriers, enjoyment, and preference. *Health Psychol*, 22, 178-88.
- Scheepers, C., G. Wendel-Vos, J. den Broeder, E. van Kempen, P. van Wesemael & A. Schuit (2014) Shifting from car to active transport: A systematic review of the effectiveness of interventions. *Transportation research part A: policy and practice*, 70, 264-280.
- Schneider, P. L., S. E. Crouter & D. R. Bassett (2004) Pedometer measures of free-living physical activity: comparison of 13 models. *Medicine and science in sports and exercise*, 36, 331-335.

- Schnohr, P., J. L. Marott, J. S. Jensen & G. B. Jensen (2012) Intensity versus duration of cycling, impact on all-cause and coronary heart disease mortality: the Copenhagen City Heart Study. *Eur J Prev Cardiol*, 19, 73-80.
- Schnohr, P., H. Scharling & J. S. Jensen (2007) Intensity versus duration of walking, impact on mortality: the Copenhagen City Heart Study. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*, 14, 72-8.
- Schonhofer, B., P. Ardes, M. Geibel, D. Kohler & P. W. Jones (1997) Evaluation of a movement detector to measure daily activity in patients with chronic lung disease. *Eur Respir J*, 10, 2814-9.
- Schutz, Y., R. L. Weinsier & G. R. Hunter (2001) Assessment of free-living physical activity in humans: an overview of currently available and proposed new measures. *Obes Res*, 9, 368-79.
- Schwartz, S. H. (1977) Normative Influences on Altruism¹. *Advances in experimental social psychology*, 10, 221-279.
- Sesso, H. D., R. S. Paffenbarger, T. Ha & I. M. Lee (1999) Physical activity and cardiovascular disease risk in middle-aged and older women. *Am J Epidemiol*, 150, 408-16.
- Shephard, R. J. (2003) Limits to the measurement of habitual physical activity by questionnaires. *Br J Sports Med*, 37, 197-206; discussion 206.
- Shiroma, E. J. & I.-M. Lee (2010) Physical activity and cardiovascular health lessons learned from epidemiological studies across age, gender, and race/ethnicity. *Circulation*, 122, 743-752.
- Silver, H. J., A. Torquati, G. L. Jensen & W. O. Richards (2006) Weight, dietary and physical activity behaviors two years after gastric bypass. *Obesity surgery*, 16, 859-864.
- Sisson, S. B., S. M. Camhi, T. S. Church, C. K. Martin, C. Tudor-Locke, C. Bouchard, C. P. Earnest, S. R. Smith, R. L. Newton, Jr., T. Rankinen & P. T. Katzmarzyk (2009) Leisure time sedentary behavior, occupational/domestic physical activity, and metabolic syndrome in U.S. men and women. *Metab Syndr Relat Disord*, 7, 529-36.
- Slentz, C. A., L. B. Aiken, J. A. Houmard, C. W. Bales, J. L. Johnson, C. J. Tanner, B. D. Duscha & W. E. Kraus (2005) Inactivity, exercise, and visceral fat. STRRIDE: a randomized, controlled study of exercise intensity and amount. *J Appl Physiol (1985)*, 99, 1613-8.
- Smith, L., A. Fisher & M. Hamer (2015) Prospective association between objective measures of childhood motor coordination and sedentary behaviour in adolescence and adulthood. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 12, 75.
- Smith, T. C., D. L. Wingard, B. Smith, D. Kritz-Silverstein & E. Barrett-Connor (2007) Walking decreased risk of cardiovascular disease mortality in older adults with diabetes. *J Clin Epidemiol*, 60, 309-17.
- Spurr, G., A. Prentice, P. Murgatroyd, G. Goldberg, J. Reina & N. Christman (1988) Energy expenditure from minute-by-minute heart-rate recording: comparison with indirect calorimetry. *The American journal of clinical nutrition*, 48, 552-559.
- Stamatakis, E., M. Davis, A. Stathi & M. Hamer (2012) Associations between multiple indicators of objectively-measured and self-reported sedentary behaviour and cardiometabolic risk in older adults. *Prev Med*, 54, 82-7.
- Stamatakis, E., A. C. Grunseit, N. Coombs, D. Ding, J. Y. Chau, P. Phongsavan & A. Bauman (2014) Associations between socio-economic position and sedentary behaviour in a large population sample of Australian middle and older-aged adults: The Social, Economic, and Environmental Factor (SEEF) Study. *Prev Med*, 63, 72-80.
- Stamatakis, E., M. Hamer & D. W. Dunstan (2011) Screen-based entertainment time, all-cause mortality, and cardiovascular events: population-based study with ongoing mortality and hospital events follow-up. *J Am Coll Cardiol*, 57, 292-9.
- Storgaard, R. L., H. S. Hansen, M. Aadahl & C. Glumer (2013) Association between neighbourhood green space and sedentary leisure time in a Danish population. *Scand J Public Health*, 41, 846-52.

- Strand, L. B., L. E. Laugsand, U. Wisloff, B. M. Nes, L. Vatten & I. Janszky (2013) Insomnia symptoms and cardiorespiratory fitness in healthy individuals: the Nord-Trøndelag Health Study (HUNT). *Sleep*, 36, 99-108.
- Stunkard, A. (2000) Old and new scales for the assessment of body image. *Perceptual and motor skills*, 90, 930-930.
- Sugiyama, T., J. Salmon, D. W. Dunstan, A. E. Bauman & N. Owen (2007) Neighborhood walkability and TV viewing time among Australian adults. *Am J Prev Med*, 33, 444-9.
- Swartz, A. M., L. Squires & S. J. Strath (2011) Energy expenditure of interruptions to sedentary behavior. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 8, 69.
- Taylor-Piliae, R. E., L. C. Norton, W. L. Haskell, M. H. Mahbouda, J. M. Fair, C. Iribarren, M. A. Hlatky, A. S. Go & S. P. Fortmann (2006) Validation of a new brief physical activity survey among men and women aged 60-69 years. *Am J Epidemiol*, 164, 598-606.
- Thompson, D., D. Cantu, R. Bhatt, T. Baranowski, W. Rodgers, R. Jago, B. Anderson, Y. Liu, J. A. Mendoza & R. Tapia (2014) Texting to increase physical activity among teenagers (TXT Me!): Rationale, design, and methods proposal. *JMIR research protocols*, 3.
- Thorp, A. A., N. Owen, M. Neuhaus & D. W. Dunstan (2011) Sedentary behaviors and subsequent health outcomes in adults a systematic review of longitudinal studies, 1996-2011. *Am J Prev Med*, 41, 207-15.
- Titze, S., W. J. Stronegger, S. Janschitz & P. Oja (2007) Environmental, social, and personal correlates of cycling for transportation in a student population. *J Phys Act Health*, 4, 66-79.
- (2008) Association of built-environment, social-environment and personal factors with bicycling as a mode of transportation among Austrian city dwellers. *Prev Med*, 47, 252-9.
- Touvier, M., S. Bertrais, H. Charreire, A. C. Vergnaud, S. Hercberg & J. M. Oppert (2010) Changes in leisure-time physical activity and sedentary behaviour at retirement: a prospective study in middle-aged French subjects. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 7, 14.
- Touvier, M., E. Kesse-Guyot, C. Mejean, C. Pollet, A. Malon, K. Castetbon & S. Hercberg (2011) Comparison between an interactive web-based self-administered 24 h dietary record and an interview by a dietitian for large-scale epidemiological studies. *Br J Nutr*, 105, 1055-64.
- Tremblay, M. S., R. C. Colley, T. J. Saunders, G. N. Healy & N. Owen (2010) Physiological and health implications of a sedentary lifestyle. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 35, 725-740.
- Tremblay, M. S., A. G. LeBlanc, M. E. Kho, T. J. Saunders, R. Larouche, R. C. Colley, G. Goldfield & 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, 98.
- Triandis, H. C. 1977. *Interpersonal behavior*. Brooks/Cole Publishing Company Monterey, CA.
- Trost, S. G., N. Owen, A. E. Bauman, J. F. Sallis & W. Brown (2002a) Correlates of adults' participation in physical activity: review and update. *Medicine & Science in Sports & Exercise*.
- Trost, S. G., N. Owen, A. E. Bauman, J. F. Sallis & W. Brown (2002b) Correlates of adults' participation in physical activity: review and update. *Med Sci Sports Exerc*, 34, 1996-2001.
- Tsuno, N., I. Jaussent, Y. Dauvilliers, J. Touchon, K. Ritchie & A. Besset (2007) Determinants of excessive daytime sleepiness in a French community-dwelling elderly population. *Journal of sleep research*, 16, 364-371.
- Tucker, L. A. & G. M. Friedman (1989) Television viewing and obesity in adult males. *Am J Public Health*, 79, 516-8.
- Tudor-Locke, C., D. R. Bassett, M. F. Shipe & J. J. McClain (2011) Pedometer methods for assessing free-living adults. *J Phys Act Health*, 8, 445-453.

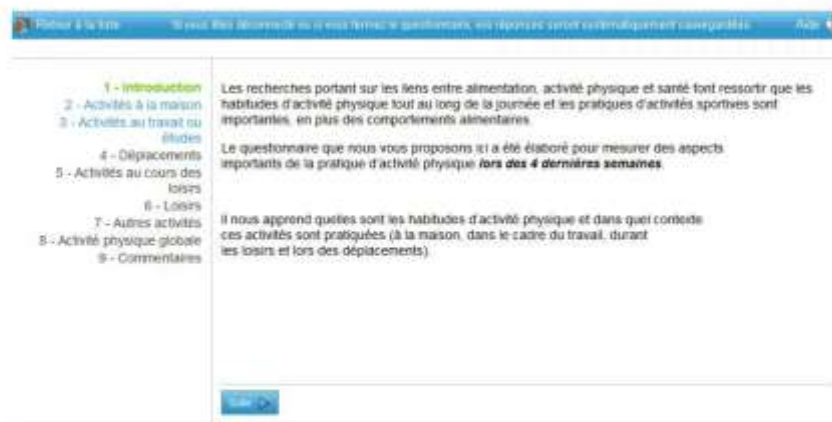
- Turrell, G., B. Hewitt, M. Haynes, A. Nathan & B. Giles-Corti (2014) Change in walking for transport: a longitudinal study of the influence of neighbourhood disadvantage and individual-level socioeconomic position in mid-aged adults. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 11, 151.
- Vallance, J. K., M. P. Buman, C. Stevinson & B. M. Lynch (2015) Associations of overall sedentary time and screen time with sleep outcomes. *Am J Health Behav*, 39, 62-7.
- Van Cauwenberg, J., I. De Bourdeaudhuij, F. De Meester, D. Van Dyck, J. Salmon, P. Clarys & B. Deforche (2011) Relationship between the physical environment and physical activity in older adults: a systematic review. *Health & place*, 17, 458-469.
- van der Ploeg, H. P., T. Chey, R. J. Korda, E. Banks & A. Bauman (2012) Sitting time and all-cause mortality risk in 222 497 Australian adults. *Arch Intern Med*, 172, 494-500.
- Van Dyck, D., G. Cardon, B. Deforche, N. Owen, J. F. Sallis & I. De Bourdeaudhuij (2010) Neighborhood walkability and sedentary time in Belgian adults. *Am J Prev Med*, 39, 25-32.
- Van Dyck, D., E. Cerin, T. L. Conway, I. De Bourdeaudhuij, N. Owen, J. Kerr, G. Cardon, L. D. Frank, B. E. Saelens & J. F. Sallis (2012) Associations between perceived neighborhood environmental attributes and adults' sedentary behavior: findings from the U.S.A., Australia and Belgium. *Soc Sci Med*, 74, 1375-84.
- Van Holle, V., S. A. McNaughton, M. Teychenne, A. Timperio, D. Van Dyck, I. De Bourdeaudhuij & J. Salmon (2014) Social and physical environmental correlates of adults' weekend sitting time and moderating effects of retirement status and physical health. *Int J Environ Res Public Health*, 11, 9790-810.
- van Stralen, M. M., H. De Vries, A. N. Mudde, C. Bolman & L. Lechner (2009) Determinants of initiation and maintenance of physical activity among older adults: a literature review. *Health Psychology Review*, 3, 147-207.
- van Uffelen, J. G., J. Wong, J. Y. Chau, H. P. van der Ploeg, I. Riphagen, N. D. Gilson, N. W. Burton, G. N. Healy, A. A. Thorp, B. K. Clark, P. A. Gardiner, D. W. Dunstan, A. Bauman, N. Owen & W. J. Brown (2010) Occupational sitting and health risks: a systematic review. *Am J Prev Med*, 39, 379-88.
- Vatier, C., C. Henegar, C. Ciangura, C. Poitou-Bernert, J.-L. Bouillot, A. Basdevant & J.-M. Oppert (2012) Dynamic relations between sedentary behavior, physical activity, and body composition after bariatric surgery. *Obesity surgery*, 22, 1251-1256.
- Vaz, M., N. Karaolis, A. Draper & P. Shetty (2005) A compilation of energy costs of physical activities. *Public Health Nutr*, 8, 1153-83.
- Vergnaud, A. C., M. Touvier, C. Mejean, E. Kesse-Guyot, C. Pollet, A. Malon, K. Castetbon & S. Hercberg (2011) Agreement between web-based and paper versions of a socio-demographic questionnaire in the NutriNet-Sante study. *Int J Public Health*, 56, 407-17.
- Verplanken, B., H. Aarts, A. van Knippenberg & A. Moonen (1998) Habit versus planned behaviour: a field experiment. *Br J Soc Psychol*, 37 (Pt 1), 111-28.
- Verwimp, J., L. Ameye & M. Bruyneel (2013) Correlation between sleep parameters, physical activity and quality of life in somnolent moderate to severe obstructive sleep apnea adult patients. *Sleep Breath*, 17, 1039-46.
- Vuillemin, A., F. Guillemin, G. Denis, J. Huot & C. Jeandel (2000a) A computer-assisted assessment of lifetime physical activity: reliability and validity of the QUANTAP software. *Rev Epidemiol Sante Publique*, 48, 157-67.
- Vuillemin, A., J. M. Oppert, F. Guillemin, L. Essermeant, A. M. Fontvieille, P. Galan, A. M. Kriska & S. Hercberg (2000b) Self-administered questionnaire compared with interview to assess past-year physical activity. *Med Sci Sports Exerc*, 32, 1119-24.
- Wang, N., X. Zhang, Y. B. Xiang, H. Li, G. Yang, J. Gao, W. Zheng & X. O. Shu (2013) Associations of Tai Chi, walking, and jogging with mortality in Chinese men. *Am J Epidemiol*, 178, 791-6.

- Wanner, M., T. Gotschi, E. Martin-Diener, S. Kahlmeier & B. W. Martin (2012) Active transport, physical activity, and body weight in adults: a systematic review. *Am J Prev Med*, 42, 493-502.
- Wareham, N. J. & K. L. Rennie (1998) The assessment of physical activity in individuals and populations: why try to be more precise about how physical activity is assessed? *Int J Obes Relat Metab Disord*, 22 Suppl 2, S30-8.
- Warren, T. Y., V. Barry, S. P. Hooker, X. Sui, T. S. Church & S. N. Blair (2010) Sedentary behaviors increase risk of cardiovascular disease mortality in men. *Med Sci Sports Exerc*, 42, 879-85.
- Weller, I. & P. Corey (1998) The impact of excluding non-leisure energy expenditure on the relation between physical activity and mortality in women. *Epidemiology*, 9, 632-5.
- Wen, L. M. & C. Rissel (2008) Inverse associations between cycling to work, public transport, and overweight and obesity: findings from a population based study in Australia. *Prev Med*, 46, 29-32.
- Wendel-Vos, W., M. Droomers, S. Kremers, J. Brug & F. van Lenthe (2007) Potential environmental determinants of physical activity in adults: a systematic review. *Obes Rev*, 8, 425-40.
- Whitney, C. W., P. L. Enright, A. B. Newman, W. Bonekat, D. Foley & S. F. Quan (1998) Correlates of daytime sleepiness in 4578 elderly persons: the Cardiovascular Health Study. *Sleep*, 21, 27-36.
- WHO (2014) Global status report on noncommunicable diseases 2014
- Wijndaele, K., S. Brage, H. Besson, K. T. Khaw, S. J. Sharp, R. Luben, A. Bhaniani, N. J. Wareham & U. Ekelund (2011a) Television viewing and incident cardiovascular disease: prospective associations and mediation analysis in the EPIC Norfolk Study. *PLoS One*, 6, e20058.
- Wijndaele, K., S. Brage, H. Besson, K. T. Khaw, S. J. Sharp, R. Luben, N. J. Wareham & U. Ekelund (2011b) Television viewing time independently predicts all-cause and cardiovascular mortality: the EPIC Norfolk study. *Int J Epidemiol*, 40, 150-9.
- Wijndaele, K., N. Duvigneaud, L. Matton, W. Duquet, C. Delecluse, M. Thomis, G. Beunen, J. Lefevre & R. M. Philippaerts (2009) Sedentary behaviour, physical activity and a continuous metabolic syndrome risk score in adults. *Eur J Clin Nutr*, 63, 421-9.
- Wijndaele, K., G. N. Healy, D. W. Dunstan, A. G. Barnett, J. Salmon, J. E. Shaw, P. Z. Zimmet & N. Owen (2010) Increased cardiometabolic risk is associated with increased TV viewing time. *Med Sci Sports Exerc*, 42, 1511-8.
- Wilcox, S., M. L. Irwin, C. Addy, L. Stolarczyk, B. E. Ainsworth, M. Whitt & C. Tudor-Locke (2001) Agreement between participant-rated and compendium-coded intensity of daily activities in a triethnic sample of women ages 40 years and older. *Ann Behav Med*, 23, 253-62.
- Williams, P. T. & P. D. Wood (2006) The effects of changing exercise levels on weight and age-related weight gain. *International Journal of Obesity*, 30, 543-551.
- Wilmot, E. G., C. L. Edwardson, F. A. Achana, M. J. Davies, T. Gorely, L. J. Gray, K. Khunti, T. Yates & S. J. Biddle (2012) Sedentary time in adults and the association with diabetes, cardiovascular disease and death: systematic review and meta-analysis. *Diabetologia*, 55, 2895-905.
- Wójcicki, T. R., D. Grigsby-Toussaint, C. H. Hillman, M. Huhman & E. McAuley (2014) Promoting Physical Activity in Low-Active Adolescents via Facebook: A Pilot Randomized Controlled Trial to Test Feasibility. *JMIR research protocols*, 3.
- Woodcock, J., O. H. Franco, N. Orsini & I. Roberts (2011) Non-vigorous physical activity and all-cause mortality: systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Int J Epidemiol*, 40, 121-38.

- Wouters, E. J., J. K. Larsen, H. Zijlstra, B. Van Ramshorst & R. Geenen (2011) Physical activity after surgery for severe obesity: the role of exercise cognitions. *Obesity surgery*, 21, 1894-1899.
- Yamamoto, T. (2008) The impact of life-course events on vehicle ownership dynamics: The cases of France and Japan. *IATSS research*, 32, 34-43.
- Zhang, C., C. G. Solomon, J. E. Manson & F. B. Hu (2006) A prospective study of pregravid physical activity and sedentary behaviors in relation to the risk for gestational diabetes mellitus. *Arch Intern Med*, 166, 543-8.
- Zwald, M. L., J. A. Hipp, M. W. Corseuil & E. A. Dodson (2014) Correlates of walking for transportation and use of public transportation among adults in St Louis, Missouri, 2012. *Prev Chronic Dis*, 11, E112.

ANNEXES

I. QUESTIONNAIRE STPAQ PASSE DANS NUTRINET-SANTE



The screenshot shows a web interface for the STPAQ questionnaire. At the top, there is a blue header bar with the text "Revenir à la page" on the left, "NUTRINET-SANTE" in the center, and "App" on the right. Below the header, the page is divided into two columns. The left column contains a list of sections: "1 - Introduction", "2 - Activités à la maison", "3 - Activités au travail ou études", "4 - Déplacements", "5 - Activités au cours des loisirs", "6 - Loisirs", "7 - Autres activités", "8 - Activité physique globale", and "9 - Commentaires". The right column contains the introductory text for the questionnaire, which explains the purpose of the survey and its focus on the last four weeks.

1 - Introduction

Les recherches portant sur les liens entre alimentation, activité physique et santé font ressortir que les habitudes d'activité physique tout au long de la journée et les pratiques d'activités sportives sont importantes, en plus des comportements alimentaires.

Le questionnaire que nous vous proposons ici a été élaboré pour mesurer des aspects importants de la pratique d'activité physique **lors des 4 dernières semaines**.

Il nous apprend quelles sont les habitudes d'activité physique et dans quel contexte ces activités sont pratiquées (à la maison, dans le cadre du travail, durant les loisirs et lors des déplacements).

[1 - Introduction](#)
[2 - Activités à la maison](#)
[3 - Activités au travail ou études](#)
[4 - Déplacements](#)
[5 - Activités au cours des loisirs](#)
[6 - Loisirs](#)
[7 - Autres activités](#)
[8 - Activité physique globale](#)
[9 - Commentaires](#)

Activités à la maison

Au cours des 4 dernières semaines, combien de temps avez-vous consacré en moyenne **chaque semaine** à des activités ménagères d'intensité moyenne ou élevée à la maison (telles que passer l'aspirateur, laver les sols ou toute autre activité demandant des efforts comparables) :

heures

minutes

Adresse de votre domicile principal

Pays

Adresse

Code postal

Département

Commune

Depuis combien de temps environ résidez-vous à cette adresse ?

Année(s)

Depuis moins d'un an ?

[Précédent](#) | [Suivant](#)

<p>1 - Introduction</p> <p>2 - Activités à la maison</p> <p>3 - Activités au travail ou études</p> <p>4 - Déplacements</p> <p>5 - Activités au cours des loisirs</p> <p>6 - Loisirs</p> <p>7 - Autres activités</p> <p>8 - Activité physique globale</p> <p>9 - Commentaires</p>	<h3>Activités au travail ou études</h3> <p>Avez-vous effectué un travail rémunéré ou bénévole au cours des 4 dernières semaines OU êtes vous étudiant ?</p> <p><input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non</p> <p>Au cours des 4 dernières semaines, combien de temps avez-vous travaillé au total (travail rémunéré ou bénévole, études, formation, stages...) Indiquer le nombre d'heures par semaine sans compter le temps des trajets travail/domicile.</p> <p>Il y a 4 semaines <input type="text"/> H</p> <p>Il y a 3 semaines <input type="text"/> H</p> <p>Il y a 2 semaines <input type="text"/> H</p> <p>Il y a 1 semaine <input type="text"/> H</p> <p>Type de travail</p> <p>Nous aimerions connaître le type et la quantité d'activité physique exercée à votre travail. A partir des 4 options qui vous sont offertes, cochez celle qui correspond le mieux à l'ensemble de vos activités au travail (ou dans le cadre de vos études) au cours des 4 dernières semaines :</p> <p><input type="radio"/> Activité professionnelle sédentaire (assis la plupart du temps)</p> <p><input type="radio"/> Activité professionnelle debout (debout la plupart du temps – sans effort physique intense)</p> <p><input type="radio"/> Travail manuel (efforts physiques – manutention, utilisation d'outils)</p> <p><input type="radio"/> Travail manuel intense (activités physiques très intenses)</p> <p>Placez sur l'échelle de 1 (travail très sédentaire) à 5 (activité intense), l'intensité de l'activité physique demandée par votre travail.</p> <p><input type="radio"/> 1. Le plus souvent assis</p> <p><input type="radio"/> 2. Combinaison assis/debout</p> <p><input type="radio"/> 3. Le plus souvent debout</p> <p><input type="radio"/> 4. Un peu d'activité physique</p> <p><input type="radio"/> 5. Travail manuel intense</p> <p><input type="button" value="Précédent"/> <input type="button" value="Suivant"/></p>
---	---

- 1 - Introduction
- 2 - Activités à la maison
- 3 - Activités au travail ou études
- 4 - Déplacements**
- 5 - Activités au cours des loisirs
- 6 - Liens
- 7 - Autres activités
- 8 - Activité physique globale
- 9 - Commentaires

Déplacements

Au cours des 4 dernières semaines, quel mode de déplacement avez-vous utilisé le plus souvent en dehors des promenades pour le plaisir ou les loisirs ?
Veuillez ne cocher qu'une seule case.

- Voiture/Véhicule motorisé
- Transport en commun
- Marche
- Vélo
- Autre transport actif (trottinette, rollers...)
- Pas de déplacement durant les 4 dernières semaines en dehors des promenades pour le plaisir et les loisirs

Au cours des 4 dernières semaines, combien de fois par semaine vous êtes-vous déplacé depuis votre domicile jusqu'au travail (pour l'ensemble de vos activités professionnelles) ?

Nombre de fois/semaine (reportez uniquement les allers)

(Si vous n'êtes pas concerné par les déplacements domicile/travail, saisissez "0")

Êtes-vous sûr d'avoir indiqué uniquement le nombre d'allers pendant une semaine ?

Nous allons maintenant vous demander de préciser combien de fois et combien de temps vous avez utilisé chacun de ces modes de déplacements dans différentes situations.

A - Trajets vers et depuis votre lieu de travail

Indiquez dans le tableau suivant le nombre de parts par semaine où vous avez utilisé, au cours des 4 dernières semaines, chacun des modes de déplacement suivants pour vous rendre à (et/ou revenir) de votre travail.
(Si vous n'êtes pas concerné par les déplacements domicile/travail, saisissez "0")

	Nombre de parts par semaine	Durée moyenne par part
Voiture / véhicule motorisé	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value=""/> heures <input type="text" value=""/> minutes
Transport en commun	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value=""/> heures <input type="text" value=""/> minutes
Marche	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value=""/> heures <input type="text" value=""/> minutes
Autre transport actif (trottinette, rollers)	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value=""/> heures <input type="text" value=""/> minutes

B - Déplacements professionnels en dehors de votre lieu de travail habituel

Au cours de votre travail êtes-vous amené à vous déplacer à l'extérieur de votre lieu de travail habituel en dehors des trajets domicile/travail (par exemple pour un rendez-vous client, une visite de site etc.) ?

Oui Non Je ne suis pas concerné

Indiquez dans le tableau suivant le nombre de jours par semaine où vous avez utilisé, au cours des 4 dernières semaines, chacun des modes de déplacement suivants pour des déplacements professionnels en dehors de votre lieu de travail habituel (par exemple pour un rendez-vous client, une visite de site etc.) ?

	Nombre de jours par semaine	Durée moyenne des déplacements
Vature / véhicule motorisé	<input type="text" value="1"/>	<input type="text"/> heures <input type="text"/> minutes
Transport en commun	<input type="text" value="1"/>	<input type="text"/> heures <input type="text"/> minutes
Marche	<input type="text" value="1"/>	<input type="text"/> heures <input type="text"/> minutes
Vélo	<input type="text" value="1"/>	<input type="text"/> heures <input type="text"/> minutes
Autre transport actif (rottinette, rollers)	<input type="text" value="1"/>	<input type="text"/> heures <input type="text"/> minutes

C - Déplacements quotidiens utiles (autres que ceux liés à votre travail et à l'exclusion des promenades pour le plaisir ou les loisirs)

Indiquez dans le tableau ci-dessous le nombre de jours par semaine ou vous utilisez, au cours des 4 dernières semaines, chacun des modes de déplacement suivants pour vos déplacements quotidiens utiles, autres que les déplacements liés à votre travail et à l'exclusion des promenades pour le plaisir ou les loisirs : par exemple déplacements pour faire des courses (achats alimentaires, poste, bibliothèque, etc.), accompagner les enfants à l'école, rendre visite à un ami/famille, ou aller au cinéma.

	Nombre de jours par semaine	Durée moyenne des déplacements
Voiture / véhicule motorisé	<input type="text" value="1"/>	<input type="text"/> heures <input type="text"/> minutes
Transport en commun	<input type="text" value="1"/>	<input type="text"/> heures <input type="text"/> minutes
Marche	<input type="text" value="1"/>	<input type="text"/> heures <input type="text"/> minutes
Vélo	<input type="text" value="1"/>	<input type="text"/> heures <input type="text"/> minutes
Autre transport actif (trottinette, rollers)	<input type="text" value="1"/>	<input type="text"/> heures <input type="text"/> minutes

Pour évaluer vos déplacements vers et depuis votre lieu de travail, indiquez l'adresse de votre lieu de travail principal :
Adresse de votre lieu de travail principal

Pays


Adresse

Code postal

Département

Commune

Depuis combien de temps environ travaillez-vous à cette adresse ?

Années(s)
 Depuis moins d'un an 

- 1 - Introduction
- 2 - Activités à la maison
- 3 - Activités au travail ou ailleurs
- 4 - Déplacements
- 5 - Activités au cours des loisirs
- 6 - Liants
- 7 - Autres activités
- 8 - Activité physique globale
- 9 - Commentaires

Activités au cours des loisirs

Les questions suivantes visent à décrire comment vous avez occupé votre temps libre au cours des 4 dernières semaines.

Pour chacune des activités suivantes, indiquez si vous avez pratiqué (ou non) l'activité au cours des 4 dernières semaines

Marche pour le plaisir (et non comme un moyen de transport)	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Vélo pour le plaisir (et non comme un moyen de transport)	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Petit jardinage (Arrosez, tondre la pelouse, désherber, tailler)	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Gros jardinage (bêcher, peulenez, tailler du bois)	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Bricolage	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Randonnée	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Escalade	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Natation de loisir	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Natation de compétition	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Jogging	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Gymnastique d'entretien, exercices au sol	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Exercices de relaxation (ex : yoga, Qi Gong)	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Exercices de conditionnement (ex : vélo fixe, rameur)	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Aquagym	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Step-aérobic (à fort impact, intense)	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Autres types d'aérobic (moins intenses, zumba...)	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Exercices avec des poids	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Cyclisme de compétition et VTT	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Course à pied de compétition	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non

- Athlétisme Oui Non
- Ski alpin, ski de fond, snowboard Oui Non
- Tennis ou badminton Oui Non
- Squash Oui Non
- Tennis de table Oui Non
- Bowling et jeu de boules (ex : pétanque) Oui Non
- Golf Oui Non
- Football, rugby ou hockey Oui Non
- Aviron Oui Non
- Volley-ball ou basketball Oui Non
- Pêche ou chasse Oui Non
- Équitation Oui Non
- Billard ou fléchettes Oui Non
- Roller ou patin à glace Oui Non
- Voile, planche à voile et navigation Oui Non
- Arts martiaux et sports de combat Oui Non
- Danse (classique, moderne, bal, disco...) Oui Non
- Jouer un instrument de musique, chanter Oui Non

Si, au cours des 4 dernières semaines, vous avez pratiqué une activité ou plusieurs activités qui ne sont pas indiquées dans la liste précédente, merci d'indiquer celle ou ces activités ci-dessous :

Autre activité 1 :

Autre activité 2 :

Autre activité 3 :

[< Précédente](#) | [Suite >](#)

- 1 - Introduction
- 2 - Activités à la maison
- 3 - Activités au travail ou études
- 4 - Déplacements
- 5 - Activités au cours des loisirs
- 6 - Loisirs
- 7 - Autres activités
- B - Activité physique globale
- 9 - Commentaires

Loisirs

Indiquez le nombre de fois où vous avez pratiqué l'activité suivante au cours des 4 dernières semaines.

Marche pour le plaisir (et non comme un moyen de transport)

- 1 fois lors des 4 dernières semaines
- 2 à 3 fois lors des 4 dernières semaines
- 1 fois par semaine
- 2 à 3 fois par semaine
- 4 à 5 fois par semaine
- Tous les jours

Indiquez également la durée moyenne durant laquelle vous avez réalisé cette activité

heures

minutes

Indiquez le nombre de fois où vous avez pratiqué l'activité suivante au cours des 4 dernières semaines.

Vélo pour le plaisir (et non comme un moyen de transport)

- 1 fois lors des 4 dernières semaines
- 2 à 3 fois lors des 4 dernières semaines
- 1 fois par semaine
- 2 à 3 fois par semaine
- 4 à 5 fois par semaine
- Tous les jours

Indiquez également la durée moyenne durant laquelle vous réalisez cette activité

heures

minutes

Indiquez le nombre de fois où vous avez pratiqué l'activité suivante au cours des 4 dernières semaines.

Petit jardinage (Arroser, tondre la pelouse, désherber, tailler)

- 1 fois lors des 4 dernières semaines
- 2 à 3 fois lors des 4 dernières semaines
- 1 fois par semaine
- 2 à 3 fois par semaine
- 4 à 5 fois par semaine
- Tous les jours

Indiquez également la durée moyenne durant laquelle vous réalisez cette activité

heures

minutes

Indiquez le nombre de fois où vous avez pratiqué l'activité suivante au cours des 4 dernières semaines.
Gros jardinage (bêcher, pelleter, tailler du bois)

- 1 fois lors des 4 dernières semaines
- 2 à 3 fois lors des 4 dernières semaines
- 1 fois par semaine
- 2 à 3 fois par semaine
- 4 à 5 fois par semaine
- Tous les jours

Indiquez également la durée moyenne durant laquelle vous réalisez cette activité

heures

minutes

Indiquez le nombre de fois où vous avez pratiqué l'activité suivante au cours des 4 dernières semaines.
Bricolage

- 1 fois lors des 4 dernières semaines
- 2 à 3 fois lors des 4 dernières semaines
- 1 fois par semaine
- 2 à 3 fois par semaine
- 4 à 5 fois par semaine
- Tous les jours

Indiquez également la durée moyenne durant laquelle vous réalisez cette activité

heures

minutes

Indiquez le nombre de fois où vous avez pratiqué l'activité suivante au cours des 4 dernières semaines.
Randonnée

- 1 fois lors des 4 dernières semaines
- 2 à 3 fois lors des 4 dernières semaines
- 1 fois par semaine
- 2 à 3 fois par semaine
- 4 à 5 fois par semaine
- Tous les jours

Indiquez également la durée moyenne durant laquelle vous réalisez cette activité

heures

minutes

(Questions identiques pour toutes les activités physiques de loisir)

- 1 - Introduction
- 2 - Activités à la maison
- 3 - Activités au travail ou études
- 4 - Déplacements
- 5 - Activités au cours des loisirs
- 6 - Loisirs
- 7 - Autres activités**
- 8 - Activité physique globale
- 9 - Commentaires

Autres activités

Au cours des 4 dernières semaines, combien de temps par jour avez-vous passé en moyenne à ces activités pendant votre temps libre (à l'exclusion des heures de travail)

Regarder la télévision, des DVD ou autres vidéos

Jours travaillés	Jours de repos
<input type="radio"/> Moins de 15 min/jour	<input type="radio"/> Moins de 15 min/jour
<input type="radio"/> 15 à 30 min/jour	<input type="radio"/> 15 à 30 min/jour
<input type="radio"/> 30 à 60 min/jour	<input type="radio"/> 30 à 60 min/jour
<input type="radio"/> 1h à 2h/jour	<input type="radio"/> 1h à 2h/jour
<input checked="" type="radio"/> 2h à 3h/jour	<input type="radio"/> 2h à 3h/jour
<input type="radio"/> 3h à 4h/jour	<input type="radio"/> 3h à 4h/jour
<input type="radio"/> 4h à 5h/jour	<input type="radio"/> 4h à 5h/jour
<input type="radio"/> 5h à 6h/jour	<input type="radio"/> 5h à 6h/jour
<input type="radio"/> 6h à 9h/jour	<input type="radio"/> 6h à 9h/jour
<input type="radio"/> 9h à 12h/jour	<input type="radio"/> 9h à 12h/jour
<input type="radio"/> 12h à 15h/jour	<input type="radio"/> 12h à 15h/jour
<input type="radio"/> Plus de 15h/jour	<input type="radio"/> Plus de 15h/jour

Utiliser un ordinateur, une tablette informatique, une console de jeux vidéo inactive

Jours travaillés	Jours de repos
<input type="radio"/> Moins de 15 min/jour	<input type="radio"/> Moins de 15 min/jour
<input type="radio"/> 15 à 30 min/jour	<input type="radio"/> 15 à 30 min/jour
<input type="radio"/> 30 à 60 min/jour	<input type="radio"/> 30 à 60 min/jour
<input type="radio"/> 1h à 2h/jour	<input type="radio"/> 1h à 2h/jour
<input type="radio"/> 2h à 3h/jour	<input type="radio"/> 2h à 3h/jour
<input type="radio"/> 3h à 4h/jour	<input type="radio"/> 3h à 4h/jour
<input type="radio"/> 4h à 5h/jour	<input type="radio"/> 4h à 5h/jour
<input type="radio"/> 5h à 6h/jour	<input type="radio"/> 5h à 6h/jour
<input type="radio"/> 6h à 9h/jour	<input type="radio"/> 6h à 9h/jour
<input type="radio"/> 9h à 12h/jour	<input type="radio"/> 9h à 12h/jour
<input type="radio"/> 12h à 15h/jour	<input type="radio"/> 12h à 15h/jour
<input type="radio"/> Plus de 15h/jour	<input type="radio"/> Plus de 15h/jour

Jouer à des jeux vidéo actifs (type Wii, Kinect)

Jours travaillés	Jours de repos
<input type="radio"/> Moins de 15 min/jour	<input type="radio"/> Moins de 15 min/jour
<input type="radio"/> 15 à 30 min/jour	<input type="radio"/> 15 à 30 min/jour
<input type="radio"/> 30 à 60 min/jour	<input type="radio"/> 30 à 60 min/jour
<input type="radio"/> 1h à 2h/jour	<input type="radio"/> 1h à 2h/jour
<input type="radio"/> 2h à 3h/jour	<input type="radio"/> 2h à 3h/jour
<input type="radio"/> 3h à 4h/jour	<input type="radio"/> 3h à 4h/jour
<input type="radio"/> 4h à 5h/jour	<input type="radio"/> 4h à 5h/jour
<input type="radio"/> 5h à 6h/jour	<input type="radio"/> 5h à 6h/jour
<input type="radio"/> 6h à 9h/jour	<input type="radio"/> 6h à 9h/jour
<input type="radio"/> 9h à 12h/jour	<input type="radio"/> 9h à 12h/jour
<input type="radio"/> 12h à 15h/jour	<input type="radio"/> 12h à 15h/jour
<input type="radio"/> Plus de 15h/jour	<input type="radio"/> Plus de 15h/jour

Être assis pour lire, écrire, coudre, tricoter, broder....

Jours travaillés	Jours de repos
<input type="radio"/> Moins de 15 min/jour	<input type="radio"/> Moins de 15 min/jour
<input type="radio"/> 15 à 30 min/jour	<input type="radio"/> 15 à 30 min/jour
<input type="radio"/> 30 à 60 min/jour	<input type="radio"/> 30 à 60 min/jour
<input type="radio"/> 1h à 2h/jour	<input type="radio"/> 1h à 2h/jour
<input type="radio"/> 2h à 3h/jour	<input type="radio"/> 2h à 3h/jour
<input type="radio"/> 3h à 4h/jour	<input type="radio"/> 3h à 4h/jour
<input type="radio"/> 4h à 5h/jour	<input type="radio"/> 4h à 5h/jour
<input type="radio"/> 5h à 6h/jour	<input type="radio"/> 5h à 6h/jour
<input type="radio"/> 6h à 9h/jour	<input type="radio"/> 6h à 9h/jour
<input type="radio"/> 9h à 12h/jour	<input type="radio"/> 9h à 12h/jour
<input type="radio"/> 12h à 15h/jour	<input type="radio"/> 12h à 15h/jour
<input type="radio"/> Plus de 15h/jour	<input type="radio"/> Plus de 15h/jour

- 1 - Introduction
- 2 - Activités à la maison
- 3 - Activités au travail ou études
- 4 - Déplacements
- 5 - Activités au cours des loisirs
- 6 - Loisirs
- 7 - Autres activités
- 8 - Activité physique globale**
- 9 - Commentaires

Activité physique globale

Vous considérez-vous comme une personne active physiquement ?

- Oui Non

Pratiquez-vous une activité physique pour des raisons de santé ?

- Oui Non

Avez-vous grandi dans une famille accordant de la valeur à l'activité physique en général, et au sport, en particulier ?

- Oui beaucoup
 Oui un peu
 Non

Pensez-vous que, pour une bonne hygiène de vie, la pratique régulière d'une activité physique est ...

- Très importante
 Importante
 Moyennement importante
 Peu importante
 Sans intérêt
 Ne sait pas

Lors des 4 dernières semaines, combien de temps par jour avez-vous passé assis, en moyenne :

Dans les transports et trajets

Jours travaillés	Joers de repos
<input type="radio"/> Moins de 15 min/jour	<input type="radio"/> Moins de 15 min/jour
<input type="radio"/> 15 à 30 min/jour	<input type="radio"/> 15 à 30 min/jour
<input type="radio"/> 30 à 60 min/ jour	<input type="radio"/> 30 à 60 min/ jour
<input type="radio"/> 1h à 2h/ jour	<input type="radio"/> 1h à 2h/ jour
<input type="radio"/> 2h à 3h/ jour	<input type="radio"/> 2h à 3h/ jour
<input type="radio"/> 3h à 4h/jour	<input type="radio"/> 3h à 4h/jour
<input type="radio"/> 4h à 5h/jour	<input type="radio"/> 4h à 5h/jour
<input type="radio"/> 5h à 6h/jour	<input type="radio"/> 5h à 6h/jour
<input type="radio"/> 6h à 9h/ jour	<input type="radio"/> 6h à 9h/ jour
<input type="radio"/> 9h à 12h/ jour	<input type="radio"/> 9h à 12h/ jour
<input type="radio"/> 12h à 15h/jour	<input type="radio"/> 12h à 15h/jour
<input type="radio"/> Plus de 15h/jour	<input type="radio"/> Plus de 15h/jour

Durant le travail

Jours travaillés

- Moins de 15 min/jour
- 15 à 30 min/jour
- 30 à 60 min/jour
- 1h à 2h/jour
- 2h à 3h/jour
- 3h à 4h/jour
- 4h à 5h/jour
- 5h à 6h/jour
- 6h à 9h/jour
- 9h à 12h/jour
- 12h à 15h/jour
- Plus de 15h/jour

Pendant le temps libre et les loisirs (télé, ordinateur, lecture, etc.)

Jours travaillés

- Moins de 15 min/jour
- 15 à 30 min/jour
- 30 à 60 min/jour
- 1h à 2h/jour
- 2h à 3h/jour
- 3h à 4h/jour
- 4h à 5h/jour
- 5h à 6h/jour
- 6h à 9h/jour
- 9h à 12h/jour
- 12h à 15h/jour
- Plus de 15h/jour

Jours de repos

- Moins de 15 min/jour
- 15 à 30 min/jour
- 30 à 60 min/jour
- 1h à 2h/jour
- 2h à 3h/jour
- 3h à 4h/jour
- 4h à 5h/jour
- 5h à 6h/jour
- 6h à 9h/jour
- 9h à 12h/jour
- 12h à 15h/jour
- Plus de 15h/jour

Utilisation des escaliers

Veuillez indiquer le nombre de fois par jour où vous avez monté une volée d'escalier (environ 10 marches) en moyenne par jour au cours des 4 dernières semaines.

Pour les jours de la semaine

- Aucune
- 1 à 5 fois/jour
- 6 à 10 fois/jour
- 11 à 15 fois/jour
- 16 à 20 fois/jour
- Plus de 20 fois/jour

Pour les jours du week-end

- Aucune
- 1 à 5 fois/jour
- 6 à 10 fois/jour
- 11 à 15 fois/jour
- 16 à 20 fois/jour
- Plus de 20 fois/jour

Les quatre dernières semaines correspondent-elles à des semaines représentatives de votre activité physique habituelle ?

- Oui
- Non

Merci de préciser pourquoi

[Précédent](#) | [Suite](#)

II. ARTICLE 1

Walking and cycling for commuting, leisure and errands: correlates and interrelations in a cross-sectional survey (the ACTI-Cités project)

Mehdi Menai¹, Hélène Charreire^{1,2}, Thierry Feuillet¹, Paul Salze³, Christiane Weber³, Christophe Enaux³, Valentina A. Andreeva¹, Serge Hercberg^{1,4}, Julie-Anne Nazare⁵, Camille Perchoux⁵, Chantal Simon⁵, Jean-Michel Oppert^{1,6§}

1 Université Paris 13, Sorbonne Paris Cité - EREN (Équipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle), U1153 Inserm, Inra, Cnam, Centre de Recherche en Epidémiologie et Biostatistiques ; CRNH IdF, Bobigny, France

2 Paris-Est Créteil University, Department of Geography, Lab-Urba, Urbanism Institute of Paris, Paris, France

3 Laboratoire Image, Ville et Environnement, Université de Strasbourg, Strasbourg, France

4 Department of Public Health, Hôpital Avicenne (AP-HP), Bobigny, France

5 CARMEN, INSERM U1060/Université de Lyon 1/INRA U1235 Lyon, France

6 Université Pierre et Marie Curie-Paris 6, Dept of Nutrition Pitié-Salpêtrière Hospital (AP-HP), Institute of Cardiometabolism and Nutrition (ICAN), Paris, France

MM: m.menai@eren.smbh.univ-paris13.fr

HC: helene.charreire@u-pec.fr

TF: t.feuillet@eren.smbh.univ-paris13.fr

PS: paul.salze@live-cnrs.unistra.fr

CW: christiane.weber@live-cnrs.unistra.fr

CE: christophe.enaux@live-cnrs.unistra.fr

VAA: v.andreeva@eren.smbh.univ-paris13.fr

SH: s.hercberg@eren.smbh.univ-paris13.fr

CS: chantal.simon@univ-lyon1.fr

JAN: julie-anne.nazare@cens-nutrition.com

CP : camille.perchoux@gmail.com

§ Author for correspondence: Prof. Jean-Michel Oppert, MD, PhD

E-mail: jean-michel.oppert@aphp.fr

Tel: +33 1 42 17 57 79

Fax: +33 1 42 17 59 63

Abstract (270 words)

Background: Increasing active transport behavior (walking, cycling) throughout the life-course is a key element of physical activity promotion for health. There is however a need to better understand the correlates of specific domains of walking and cycling to identify more precisely at-risk populations for public health interventions. In addition, current knowledge of interactions between domains of walking and cycling remains limited. **Methods:** We assessed past-month self-reported time spent walking and cycling in three specific domains (commuting, leisure and errands) in 39,295 French adult participants (76.5% women) of the on-going NutriNet Santé web-cohort. Multivariate logistic regression models were used to investigate associations with socio-demographic and physical activity correlates. **Results:** Having a transit pass was strongly positively associated with walking for commuting and for errands but was unrelated to walking for leisure or to cycling. Having a parking space at work was strongly negatively associated with walking for commuting and cycling for commuting. BMI was negatively associated with both walking for leisure and errands, and with the three domains of cycling. Leisure-time physical activity was negatively associated with walking for commuting but was positively associated with the two other domains of walking and with cycling (three domains). Walking for commuting was positively associated with the other domains of walking; cycling for commuting was also positively associated with the other domains of cycling. Walking for commuting was not associated with cycling for commuting. **Conclusions:** In adults walking and cycling socio-demographic and physical activity correlates differ by domain (commuting, leisure and errands). Better knowledge of relationships between domains should help to develop intervention focusing not only the right population, but also the right behavior.

Keywords: walking, cycling, active transport, physical activity, correlates, age, cross-sectional, web-cohort, commuting, leisure, errands

Background

Active transportation is now considered as a key element of physical activity promotion for health [1]. Walking and cycling in everyday life may help to achieve sufficient physical activity for health benefits at the population level [2]. Walking and cycling are

relatively easy to include in daily routines and have societal benefits such as positive impact on traffic, air pollution, and greenhouse gas emissions [3]. As is the case for physical activity in general, walking and cycling should be considered as multi-factorial behaviors varying throughout the lifecourse and by domain, such as commuting, leisure or errands [4].

For interventions to attain success in target populations, there is a need to better understand the determinants of adoption and maintenance of walking and cycling [5]. Correlates of active travel include personal, social and environmental factors [6]. There is evidence that sex, having access to a car or being overweight are associated with active travel [7-9]. For age, heterogeneous findings have been reported with null [10,11] or negative [11-14] associations with walking or cycling. The reason for these inconsistent findings may be related to the fact that very few studies have specifically assessed correlates of walking and cycling by domain.

To better understand how walking and cycling are integrated into an overall physically active lifestyle, better knowledge of the relationship between active transport and physical activity is needed. To date, the few studies that explored these associations only focused on overall active transportation [15,16], walking [13,17,18] or cycling [13,17-19]. For example in a large cross-sectional survey of 127,610 Canadian adults Butler et al. found a positive association between walking for transportation (to work, school and errands) and leisure-time physical activity (LTPA), and an even stronger association for cycling [13]. Sahlqvist et al. found recently in the iConnect study that a one-year decrease in cycling for commuting (not for walking) was associated with a decrease in LTPA [17]. Results may be explained at least in part by heterogeneity in the definition of active transportation variables and other physical activity domains. This underscores the need for a more detailed assessment of walking and cycling to understand these interplays.

Consequently, the objectives of the present cross-sectional study, in a large sample of French adults, were 1) to identify personal and socio-demographic correlates of walking and cycling according to the different domains (commuting, leisure and errands), and 2) to explore the interrelationships of these domains as well as associations with LTPA.

Methods

Ethics statement

This study was approved by the "Comité National Informatique et Liberté" (CNIL n°908450, n° 909216 and DR-2012-576). The NutriNet-Santé Study (see below) was approved by the Institutional Review Board of the French Institute for Health and Medical Research (IRB Inserm n°0000388FWA00005831). Written informed consent was obtained from all subjects.

Study design and participants

We analyzed cross-sectional data from participants in the NutriNet-Santé Study, a web-based prospective observational cohort launched in France in 2009, focusing on the relationship between nutrition and chronic disease risk as well as the determinants of dietary behaviors. Volunteers aged 18 years or older living in France and having access to the Internet fill in self-administered web-based questionnaires at baseline and then regularly during follow-up using a dedicated, secure website. A detailed description of the NutriNet-Santé study has been published previously [20].

Participants in the present study were drawn from a subgroup (n=55,694) of the total sample of the NutriNet-Santé cohort who completed a questionnaire on physical activity and mobility, administered from February 15 to August 15 2013 (48.5% participation rate). This questionnaire was designed to assess active transport in everyday life over the past four weeks.

From the sample who filled in the physical activity questionnaire, 1,730 participants were excluded because of physical limitations to mobility, such as self-reported motor impairments (n=927) or self-reported limitations to walking (item 'Ability to walk 100 m' n=803). Additionally we excluded participants who were pregnant (n=730), reported implausible physical activity values (n=2,817), or had missing data regarding the covariates used in multivariable analyses (n=11,122). Thus, we reached a final sample of 39,295 subjects with a mean \pm SD age of 49.1 ± 14.4 years.

Measures

Walking, cycling and other types of physical activity

Habitual physical activity was assessed using a dedicated developed questionnaire, the Sedentary, Transportation, and Physical Activity Questionnaire (STPAQ). Briefly, the

STPAQ is based on the Recent Physical Activity Questionnaire (RPAQ) [21], with additional specific items on travel-related activities and sedentary behavior by domain. To assess more precisely transport behaviors (active and passive), subjects were asked to report their travel time for commuting, leisure and errands (defined as non-commuting non-leisure purposes such as shopping, bringing children to school, going to the movies, etc.) for the past 4 weeks.

Physical activity assessment using the RPAQ has been validated against energy expenditure measurements using the doubly-labelled water [21]. The validity and reliability of the specific questions on travel-related activities (active and passive transport) have been assessed 96 subjects aged 20-65 years using prospective logbook and accelerometry-based estimates and double-labeled water (under submission). Total walking time (sum of commuting, leisure and errands) estimate was found significantly correlated with total walking time as obtained by the logbook ($r=0.39$, $p<0.001$) with a mean bias (between-method relative difference) of 8.9%. For total cycling time, the correlation coefficient was higher ($r=0.96$, $p<0.0001$) with a larger mean bias (between-method relative difference: -25.5%). Reliability, assessed in 32 participants was moderate to good for the active transport items (intra-class coefficients (ICC) between 0.47 – 0.61). The travel questions were detailed by type of transportation (car, public transportation, walking, cycling, and other mechanical vehicle) and included the mean number of days per week and the mean duration per day where the particular type of transportation was used. For each type of transportation, results were expressed in h/week. Walking and cycling by domain were dichotomized (≥ 0.5 h/week and ≥ 0 h/week, respectively). We chose 0.5h/week for walking to represent the minimum level beyond which we could consider the participant as a regular walker. When analyses were performed using different thresholds (≥ 1.0 h/week and ≥ 0.5 h/week for walking and cycling, respectively), similar results were observed (data not shown). Walking and cycling domains were also used as covariate for models with other outcomes. Walking and cycling for commuting were included in models with leisure or errands as outcome as a three class variable (two for workers, presented in tables, and the last for non-workers, not presented).

For domestic physical activity, a unique question was asked about the time spent per week usually doing moderate to vigorous activities such as cleaning the floor, using vacuum or similar activity. Based on the median, this variable was dichotomized as ± 7 h per week (i.e. 1h/day). For LTPA, the variable from the RPAQ was obtained by summing weekly durations of each activity reported in the leisure section. Walking for leisure and

cycling for leisure were not included in the calculation because there were part of the walking and cycling variables. The resulting LTPA variable was categorized based on quartiles: ≤ 30 min per week (1st quartile), between >30 min and ≤ 2 h30 per week (quartiles 2-3), more than 2h30 per week (over quartile 3).

Covariates

Individual and socio-demographic variables were assessed by self-administered questionnaire completed by participants at inclusion. Data included age, sex, weight and height, educational level (more or less than 2 years of university), household income (0-1,430 Euros/month, 1,430-2,330 Euros/month, 2,330-3,780 Euros/month, more than 3,780 Euros/month, do not know/do not want to respond), smoking status (yes or no), household composition (living alone or in a couple), presence of children at home (aged under 13 years, between 14 and 18 years), self-rated health (poor to average, good to very good) and home address. Age was categorized by 5-year age group for figures and used continuously in other analyses. Body mass index (BMI) was calculated as reported weight (kg) divided by reported squared height (m²).

Weekly number of working hours was asked during the past 4 weeks and the weekly mean duration was computed. Distance to work was estimated based on the frequency and the duration of each type of transport used for commuting, on the basis of 25km/h for car, 25km/h for public transport, 10km/h for cycling, 4km/h for walking and 10km/h for others modes of transportation [22]. The type and amount of physical activity at work was assessed with a 4-category qualitative question from the RPAQ (sedentary, standing, manual or heavy manual job) and a binary variable was created (sedentary or standing job, manual or heavy manual job). Parking at work was assessed by a binary variable. Sedentary leisure activities were derived from questions asking participants to report hours per day (excluding working hours) usually spent on an average work/non-work day over the past four weeks – watching television, DVDs or other videos; using a computer, a tablet, or playing screen-based video games. The sum of all the mean durations per week of these activities was categorized as between 0 and ≤ 2 h per day, between 2h and 4h per day and more than 4h per day.

City density (number of inhabitants / surface) was obtained from the Census databases (www.insee.fr) and categorized as follows: 0-300 people per km² (rural area), 300-2000 people per km² and more than 2000 people per km² (high density city).

Statistical analyses

Continuous variables were summarized by means \pm standard deviations (SD) and categorical variables by frequencies. Associations between practice of walking or cycling and potential correlates were assessed using multivariate logistic regression models. Results are expressed as odds ratios (OR) with 95% confidence intervals (CI); we also computed Nagelkerke's R^2 for each model. We initially identified potential correlates and covariables in models through bivariate analyses and existing literature. Covariates included age, income, self-rated health status, smoking status, leisure screen time, city density, distance to work, and time spent at work. For all analyses, the significance level was set at 0.05 and all tests were two-sided. All statistical analyses were performed using SAS software (version 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Results

Characteristics of the study population

Subjects were mostly middle-aged, with a majority of women, and two-thirds being highly educated (Table 1). Two-thirds of subjects also reported having a job, which was of a sedentary type for a majority of them. Overall, walking for commuting, leisure and errands was performed by 26.3%, 41.9% and 42.0% of subjects, respectively. Cycling for commuting, leisure and errands was performed by 7.2%, 9.7% and 8.6% of subjects, respectively.

Walking and cycling across age groups

Frequencies of walking for commuting decreased across age groups from <25 to 30-35 years of age (43.9% to 27.3% of employed subjects) and remained stable until 65-70 years of age (Figure 1). They increased continuously for leisure (24.6% for < 25 to 60.9% for 65-70 years of age). Frequencies of walking for errands remained stable until 50-55 years of age (41.4% for < 25 to 35.8% for 50-55 years of age) and then increased. From <25 to 65-70 years of age, there was a decrease of cycling for commuting frequencies (from 8.3% to 5.5%), while it slightly increased for leisure (from 7.4% to 11.4%) and remained stable for errands (between 9.2% and 8.5% of subjects) (Figure 2).

Socio-demographic correlates of walking and cycling by domain

Female gender was positively associated with walking (significantly for leisure and errands) and negatively associated with cycling in the three domains (Table 2). BMI was negatively associated with both walking for leisure and errands, and with cycling in the three domains. Education was negatively associated with walking for commuting and cycling for leisure, but positively associated with both walking and cycling for errands. Living with a partner was negatively associated with walking for commuting or errands but positively associated with walking for leisure and cycling for commuting. Having a child under the age of fourteen at home was negatively associated with walking for commuting and for leisure but positively associated with walking for errands and cycling for leisure. Having a transit pass was strongly positively associated with walking for commuting or leisure and was not significantly associated with cycling. Having a parking space at work was strongly negatively associated with walking and cycling for commuting. Having a strenuous job was negatively associated with walking for commuting.

Interrelations between walking and cycling and relations with physical activity

Performing more than 2h30 per week of LTPA was negatively associated with walking for commuting and was positively associated with the two other domains of walking and with cycling (all three domains) (Table 3). Walking for commuting was positively associated with the other domains of walking, and cycling for commuting was also positively associated with other domains of cycling. Walking for commuting was not associated with cycling for commuting. Walking for leisure was positively associated with cycling for leisure, as walking for errands was positively associated with cycling for errands.

Discussion

In a French sample from early adulthood to old age, we showed that the personal and socio-demographic correlates of walking and cycling varied by domain (i.e., commuting, leisure and errands). We observed different trajectories for each domain of walking according to age, whereas cycling appeared as a more homogeneous construct across the adulthood years. In general, we found more significant correlates for walking than for cycling. There was a consistent pattern of positive associations between all domains of

walking and cycling and LTPA, except for a negative relation with walking for commuting.

Our data showed differences in walking across age groups by domain that were less pronounced for cycling. The higher frequency of walking for commuting during early adulthood is consistent with a recent study from the UK showing that walking to work decreased after age 29 and plateaued thereafter [23]. In another study from the US in women with a mean (SD) age of 43.8 (11.4) years, walking to work at least once per week was negatively associated with age, modeled as continuous variable [24]. In contrast with walking for commuting, frequencies of other types of walking seemed to increase with age, markedly for leisure walking. This is in agreement with results found in an US population, in which the mean duration of leisure walking increased until 30-64 years of age (compared to age under 18 and 18-29 years) and then decreased [25]. In a study from Australia, leisure-time walking increased until 40-49 years of age (compared to 18-29 and 30-39 years) and then decreased [26]. It is likely that lifestyle changes related to working status explain, at least in part, these trends. In early adulthood, increasing financial possibilities and time constraints would favor car use [27,28]. Later in life, especially after 60 years of age, we have shown that retirement was associated with increased LTPA and especially walking for leisure [29,30].

We found that BMI was negatively associated with walking and cycling. Importantly, this trend was consistently observed for all domains of walking and cycling. In a review including 30 articles published up to October 2010, Wanner et al. found that 83% of studies investigating the association between active transport and body weight reported at least some associations in the expected direction i.e. lower body weight [31]. These results were however mostly based on aggregated measures of active transportation, studies were mostly cross-sectional, and the overall evidence available was judged by the authors as limited. More recently, in a nationally representative survey of UK residents (n=12,796), Lavery et al. found negative associations for walking and cycling to work, assessed separately, with both lower BMI and likelihood of overweight or obesity [23]. Our data extend these observations to the three domains of walking and cycling under study. Such data appear in line with the health benefits expected from increased walking and cycling in general and especially for cardiovascular health outcomes [32,33].

In line with our findings, in the study by Laverty et al. a negative association between education and walking to work was reported [23]. Another finding in our study was the positive association between education and both walking and cycling for errands. There is, however, no other study to which we could compare these data. Previous studies that examined education in relation with walking and cycling were focused on leisure or commuting, with overall mixed findings [13,16,23,25,26,34,35].

An important finding in this study was that, except for walking for commuting, all domains of walking and cycling were positively associated with LTPA. Several studies have found positive associations between aggregated active transportation indicators and LTPA [15,16]; however, data on walking or cycling examined separately are scarce. Recently, in the EPIC-Norfolk cohort, Sahlqvist et al. [19] found positive associations between leisure-time and utility cycling with LTPA, which is consistent with our results. For walking, detailed data on associations between specific domains and LTPA are lacking. Based on a large sample of Canadian adults, Butler et al. [13] reported a positive association between walking more than 6 hours per week to work, school or errands and an LTPA index, in women only. If confirmed, the negative association between walking for commuting and LTPA found in this study could be an interesting extension of knowledge, suggesting that most, but not all, types of walking and cycling behaviours are part of an active lifestyle as indicated by higher levels of LTPA.

For walking, each domain was positively associated with the other domains studied (i.e., commuting, leisure, and errand). For cycling, each domain was also positively, and strongly associated with the other domains. These results are in line with data from the CARDIA study where active commuting (walking and cycling taken together) was positively associated with walking for leisure, with significant ORs ranging from 1.96 to 5.62 [15]. The stronger associations found with cycling vs. walking may indicate that cycling represents a more homogeneous behavior (cyclists are involved in two or more domains) compared to walking. This suggests that interventions focused on one specific domain of cycling may help develop new healthy behaviors in the other domains.

Strengths and limitations

Strengths of this study include a large sample size allowing us assessment of walking and cycling practice across age groups in three different domains (commuting, leisure,

errands) as well as interrelations between these domains. Some limitations must be noted, however. Measures of walking and cycling were self-reported, which might introduce misclassification bias mostly because of documented over-reporting of physical activity [36]. Estimates of self-reported physical activity duration are subject to recall errors, social desirability bias and difficulties with correctly estimating the amount of individual walking and cycling behaviors. Whereas objective measures could provide more accurate data on activity patterns, subjective measures remain important because they provide domain-specific information [37]. Our sample included proportionally more women and more individuals of high educational levels, as observed in general in volunteer-based studies [38]. Finally, the cross-sectional design of this study does not allow causal interpretations of the results.

Conclusions

In this study, we showed that patterns across age groups and socio-demographic/physical activity correlates may differ by domain, including commuting, leisure and errands. Related public health implications point to the need for interventions that take into account the age group of the target population. Interventions promoting walking for commuting would be probably most relevant for working adults. LTPA was a strong correlate of walking and cycling. Although cause and effect relationships cannot be inferred from cross-sectional data, it shows that walking and cycling are indeed an integral part of an active lifestyle. Hence, promoting walking and cycling could provide health benefits through enhanced physical activity in general.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contributions

Authors' contributions: Conceived and designed the experiments: JMO CS HC CW CE SH. Performed the experiments: HC JMO SH. Analyzed the data: MM. Wrote the paper: MM JMO. Involved in interpreting results and editing the manuscript: MM HC TF PS CE VAA SH CS JAN CP CS JMO

Acknowledgements

This work is part of the ACTI-Cités project (coordinator: JM Oppert) carried out with financial support from the French National Cancer Institute (Institut National du Cancer, INCa) through the Social sciences and humanities and public health programme (2011-1-PL-SHS-10).

The NutriNet-Santé cohort study is funded by the following public institutions: Ministère de la Santé, Institut de Veille Sanitaire (InVS), Institut National de la Prévention et de l'Éducation pour la Santé (INPES), Fondation pour la Recherche Médicale (FRM), Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM) and Paris 13 University. Menai Mehdi was funded by a grant from Fondation Le Roch - Les Mousquetaires.

The funding sources played no role in the design and conduct of the study; the collection, management, analysis and interpretation of the data; or the preparation, review, and approval of the manuscript by coauthors.

The authors thank Younes Esseddik, Paul Flanzky, Mohand Ait Oufella, Yasmina Chelghoum, and Than Duong Van (computer scientists), Florence Charpentier (dietitian), Elise Martin (communication assistant), Nathalie Arnault, Véronique Gourlet, Fabien Szabo, Laurent Bourhis, and Stephen Besseau (statisticians), and Rachida Mehroug (logistics assistant) for their technical contribution to the NutriNet-Santé study.

Study registration: The NutriNet-santé study was registered under the EudraCT number 2013-000929-31.

References

- [1] WHO. Population-based approaches to increasing levels of physical activity. 2007.
- [2] Shephard RJ. Is active commuting the answer to population health? *Sports Med.* 2008;38(9):751-8.

- [3] Communities CotE. Green Paper. From the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions. Adapting to Climate Change in Europe – Options for EU Action. Brussels: Commission of the European Communities. 2007.
- [4] Allender S, Hutchinson L, Foster C. Life-change events and participation in physical activity: a systematic review. *Health Promot Int*. 2008;23(2):160-72.
- [5] Biddle SJ, Fuchs R. Exercise psychology: A view from Europe. *Psychology of Sport and Exercise*. 2009;10(4):410-9.
- [6] Panter JR, Jones A. Attitudes and the environment as determinants of active travel in adults: what do and don't we know? *J Phys Act Health*. 2010;7(4):551-61.
- [7] Heesch KC, Sahlqvist S, Garrard J. Gender differences in recreational and transport cycling: a cross-sectional mixed-methods comparison of cycling patterns, motivators, and constraints. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2012;9:106.
- [8] Lavery AA, Palladino R, Lee JT, Millett C. Associations between active travel and weight, blood pressure and diabetes in six middle income countries: a cross-sectional study in older adults. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2015;12(1):65.
- [9] Ogilvie D, Mitchell R, Mutrie N, Petticrew M, Platt S. Personal and environmental correlates of active travel and physical activity in a deprived urban population. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2008;5:43.
- [10] de Bruijn GJ, Kremers SP, Singh A, van den Putte B, van Mechelen W. Adult active transportation: adding habit strength to the theory of planned behavior. *Am J Prev Med*. 2009;36(3):189-94.
- [11] Jurj AL, Wen W, Gao YT, Matthews CE, Yang G, Li HL, et al. Patterns and correlates of physical activity: a cross-sectional study in urban Chinese women. *BMC Public Health*. 2007;7:213.
- [12] Adams J. Prevalence and socio-demographic correlates of "active transport" in the UK: analysis of the UK time use survey 2005. *Prev Med*. 2010;50(4):199-203.
- [13] Butler GP, Orpana HM, Wiens AJ. By your own two feet: factors associated with active transportation in Canada. *Can J Public Health*. 2007;98(4):259-64.
- [14] Ogilvie F, Goodman A. Inequalities in usage of a public bicycle sharing scheme: socio-demographic predictors of uptake and usage of the London (UK) cycle hire scheme. *Prev Med*. 2012;55(1):40-5.

- [15] Gordon-Larsen P, Boone-Heinonen J, Sidney S, Sternfeld B, Jacobs DR, Jr., Lewis CE. Active commuting and cardiovascular disease risk: the CARDIA study. *Arch Intern Med.* 2009;169(13):1216-23.
- [16] Hu G, Pekkarinen H, Hanninen O, Yu Z, Tian H, Guo Z, et al. Physical activity during leisure and commuting in Tianjin, China. *Bull World Health Organ.* 2002;80(12):933-8.
- [17] Sahlqvist S, Goodman A, Cooper AR, Ogilvie D. Change in active travel and changes in recreational and total physical activity in adults: longitudinal findings from the iConnect study. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2013;10:28.
- [18] Yang L, Panter J, Griffin SJ, Ogilvie D. Associations between active commuting and physical activity in working adults: cross-sectional results from the Commuting and Health in Cambridge study. *Prev Med.* 2012;55(5):453-7.
- [19] Sahlqvist S, Goodman A, Simmons RK, Khaw KT, Cavill N, Foster C, et al. The association of cycling with all-cause, cardiovascular and cancer mortality: findings from the population-based EPIC-Norfolk cohort. *BMJ Open.* 2013;3(11):e003797.
- [20] Hercberg S, Castetbon K, Czernichow S, Malon A, Mejean C, Kesse E, et al. The Nutrinet-Sante Study: a web-based prospective study on the relationship between nutrition and health and determinants of dietary patterns and nutritional status. *BMC Public Health.* 2010;10:242.
- [21] Besson H, Brage S, Jakes RW, Ekelund U, Wareham NJ. Estimating physical activity energy expenditure, sedentary time, and physical activity intensity by self-report in adults. *Am J Clin Nutr.* 2010;91(1):106-14.
- [22] Le Jeannic T, Armoogum J, Bouffard-Savary E, Couderc C, Courel J, Delisle F, et al. Enquête nationale transports et déplacements. *La Revue du CGDD.* 2008;<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/transports/trv/deplacement-mobilite/mobilite-reguliere-locale.html> (Accessed 3 July 2015).
- [23] Lavery AA, Mindell JS, Webb EA, Millett C. Active travel to work and cardiovascular risk factors in the United Kingdom. *Am J Prev Med.* 2013;45(3):282-8.
- [24] Bopp M, Kaczynski AT, Campbell ME. Social ecological influences on work-related active commuting among adults. *Am J Health Behav.* 2013;37(4):543-54.
- [25] Agrawal AW, Schimek P. Extent and correlates of walking in the USA. *Transportation Research Part D: Transport and Environment.* 2007;12(8):548-63.

- [26] Ball K, Timperio A, Salmon J, Giles-Corti B, Roberts R, Crawford D. Personal, social and environmental determinants of educational inequalities in walking: a multilevel study. *J Epidemiol Community Health*. 2007;61(2):108-14.
- [27] Prillwitz J, Harms S, Lanzendorf M. Impact of life-course events on car ownership. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2006;1985(1):71-7.
- [28] Yamamoto T. The impact of life-course events on vehicle ownership dynamics: The cases of France and Japan. *IATSS research*. 2008;32(2):34-43.
- [29] Menai M, Fezeu L, Charreire H, Kesse-Guyot E, Touvier M, Simon C, et al. Changes in sedentary behaviours and associations with physical activity through retirement: a 6-year longitudinal study. *PLoS One*. 2014;9(9):e106850.
- [30] Touvier M, Bertrais S, Charreire H, Vergnaud AC, Hercberg S, Oppert JM. Changes in leisure-time physical activity and sedentary behaviour at retirement: a prospective study in middle-aged French subjects. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2010;7:14.
- [31] Wanner M, Gotschi T, Martin-Diener E, Kahlmeier S, Martin BW. Active transport, physical activity, and body weight in adults: a systematic review. *Am J Prev Med*. 2012;42(5):493-502.
- [32] Hamer M, Chida Y. Active commuting and cardiovascular risk: a meta-analytic review. *Prev Med*. 2008;46(1):9-13.
- [33] Oja P, Titze S, Bauman A, de Geus B, Krenn P, Reger-Nash B, et al. Health benefits of cycling: a systematic review. *Scand J Med Sci Sports*. 2011;21(4):496-509.
- [34] Hearst MO, Sirard JR, Forsyth A, Parker ED, Klein EG, Green CG, et al. The relationship of area-level sociodemographic characteristics, household composition and individual-level socioeconomic status on walking behavior among adults. *Transp Res Part A Policy Pract*. 2013;50:149-57.
- [35] Panter J, Griffin S, Dalton AM, Ogilvie D. Patterns and predictors of changes in active commuting over 12 months. *Prev Med*. 2013;57(6):776-84.
- [36] Shephard RJ. Limits to the measurement of habitual physical activity by questionnaires. *Br J Sports Med*. 2003;37(3):197-206; discussion
- [37] Ainsworth B, Cahalin L, Buman M, Ross R. The current state of physical activity assessment tools. *Prog Cardiovasc Dis*. 2015;57(4):387-95.
- [38] Kesse-Guyot E, Peneau S, Mejean C, Szabo de Edelenyi F, Galan P, Hercberg S, et al. Profiles of organic food consumers in a large sample of French adults: results from the Nutrinet-Sante cohort study. *PLoS One*. 2013;8(10):e76998.

Tables

Table 1- Characteristics of study population

n=39,295	Mean (SD) or %
Individual characteristics	
Age (y)	49.1 (14.4)
Sex (men)	23.5
BMI (kg/m ²)	23.8 (4.3)
Education (≥ 2 y of university)	64.3
Living with a partner	73.5
Have a child at home under 14y	22.9
Have a child at home between 14y and 18y	11.6
Work and transport related characteristics	
Employed	68.7
Having a public transport pass	19.8
If working, having a sedentary job	90.6
If working, parking place at work	37.7
Walking	
Commuting among workers	26.3
Leisure	42.0
Errands	41.9
Cycling	
Commuting among workers	7.2
Leisure	9.7
Errands	8.6
Leisure-time physical activity	
0-0.5h per week	30.0
0.5h-2.5h per week	37.0
> 2.5h per week	33.0
More than 7h/week of domestic activities	45.1

Table 2 - Relations of walking and cycling domains with individual and socio-demographic characteristics

	Walking			Cycling		
	Commuting* (R ² =0.20) OR (95%CI)	Leisure (R ² =0.12) OR (95%CI)	Errands (R ² =0.14) OR (95%CI)	Commuting* (R ² =0.13) OR (95%CI)	Leisure (R ² =0.11) OR (95%CI)	Errands (R ² =0.16) OR (95%CI)
Individual and socio-demographic						
Sex (reference=male)						
Man	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
Woman	1.06 (0.98-1.15)	1.12 (1.07-1.19)	1.08 (1.03-1.15)	0.62 (0.55-0.71)	0.47 (0.43-0.51)	0.77 (0.69-0.85)
BMI (kg/m ²)	0.99 (0.98-1.00)	0.98 (0.97-0.98)	0.99 (0.98-0.99)	0.96 (0.95-0.98)	0.98 (0.97-0.99)	0.96 (0.95-0.97)
Education						
<2y of university	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
≥2y of university	0.86 (0.80-0.93)	0.96 (0.91-1.01)	1.16 (1.11-1.22)	1.08 (0.94-1.25)	0.87 (0.80-0.94)	1.4 (1.27-1.56)
Living with a partner						
No	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
Yes	0.89 (0.83-0.97)	1.14 (1.08-1.21)	0.93 (0.88-0.99)	1.26 (1.09-1.45)	1.09 (0.99-1.21)	1.04 (0.93-1.16)
Have a child at home under 14y						
No	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
Yes	0.76 (0.70-0.82)	0.68 (0.64-0.72)	1.13 (1.06-1.19)	0.91 (0.80-1.04)	1.22 (1.10-1.34)	0.94 (0.84-1.05)
Have a child at home between 14y and 18y						
No	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
Yes	1.04 (0.95-1.14)	0.98 (0.92-1.05)	0.79 (0.74-0.85)	1.05 (0.89-1.23)	0.95 (0.85-1.07)	1.15 (1.01-1.31)
Transit pass						
No	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
Yes	4.06 (3.78-4.35)	0.96 (0.90-1.02)	1.32 (1.25-1.40)	0.90 (0.78-1.04)	1.02 (0.91-1.13)	0.94 (0.84-1.05)
Work						
No	NR	Ref	Ref	NR	Ref	Ref
Yes	NR	1.12 (0.77-1.64)	1.34 (0.92-1.95)	NR	0.42 (0.27-0.67)	2.61 (1.60-4.25)
Parking at work						
No	Ref	NR	NR	Ref	NR	NR
Yes	0.53 (0.50-0.57)	NR	NR	0.77 (0.68-0.86)	NR	NR
Strenuous job						
No	Ref	NR	NR	Ref	NR	NR
Yes	0.82 (0.73-0.92)	NR	NR	1.01 (0.82-1.23)	NR	NR

Models were adjusted for age, income, health perception, smoking status, leisure screen-time, city density population. Models with commuting as outcome were additionally adjusted on distance to work and time spent at work. Models with leisure and errands as outcome were additionally adjusted on working status.

NR: not relevant

* Analyses were performed among workers only

Table 3 - Interrelations between walking and cycling domains and relations with other types of physical activity

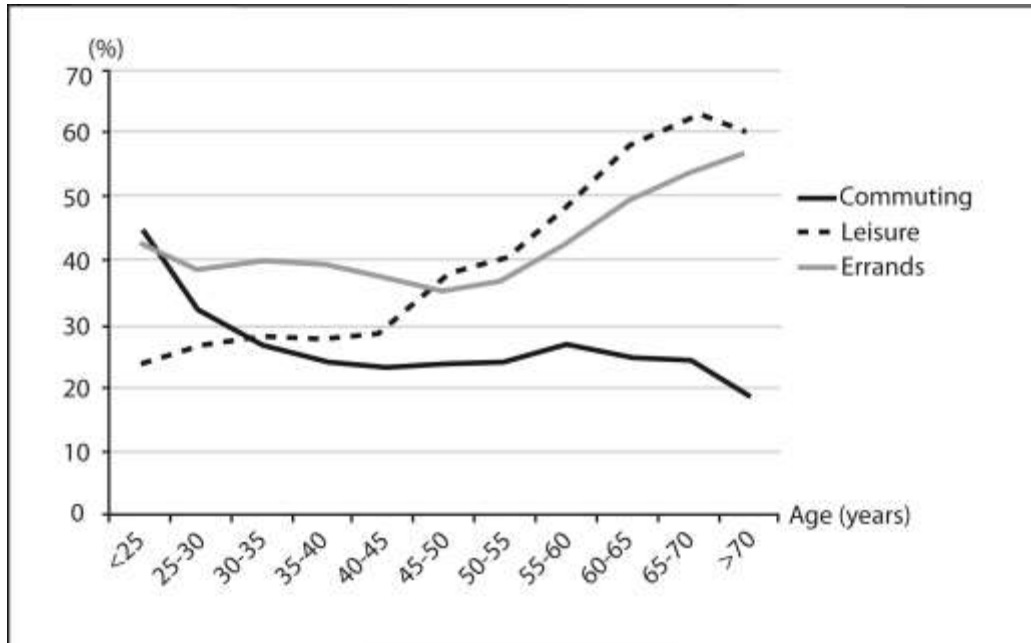
	Commuting* OR (95%CI)	Walking Leisure OR (95%CI)	Errands OR (95%CI)	Commuting* OR (95%CI)	Cycling Leisure OR (95%CI)	Errands OR (95%CI)
Individual and socio-demographic						
Leisure-time physical activity						
<30min per week	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
30min-2h30min per week	0.96 (0.89-1.03)	1.23 (1.16-1.30)	1.11 (1.05-1.17)	1.26 (1.10-1.45)	1.54 (1.39-1.71)	1.51 (1.34-1.70)
>2h30min per week	0.89 (0.82-0.96)	1.53 (1.44-1.62)	1.14 (1.08-1.21)	1.49 (1.28-1.72)	1.80 (1.62-2.00)	1.88 (1.66-2.12)
Domestic activities						
<7h per week	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
≥7h per week	0.98 (0.92-1.05)	1.29 (1.23-1.35)	1.15 (1.09-1.20)	0.88 (0.79-0.99)	1.07 (0.99-1.16)	0.93 (0.85-1.02)
Walking						
Commuting**						
No	NR	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
Yes	NR	1.12 (1.06-1.20)	2.37 (2.23-2.53)	1.02 (0.89-1.17)	0.82 (0.73-0.93)	0.72 (0.64-0.82)
Leisure						
No	Ref	NR	Ref	Ref	Ref	Ref
Yes	1.15 (1.08-1.23)	NR	2.02 (1.93-2.12)	0.81 (0.71-0.91)	1.98 (1.83-2.14)	0.66 (0.60-0.73)
Errands						
No	Ref	Ref	NR	Ref	Ref	Ref
Yes	2.41 (2.26-2.57)	2.02 (1.96-2.12)	NR	0.72 (0.64-0.81)	0.77 (0.71-0.84)	3.12 (2.85-3.43)
Cycling						
Commuting***						
No	Ref	Ref	Ref	NR	Ref	Ref
Yes	1.01 (0.88-1.16)	0.83 (0.74-0.93)	0.65 (0.61-0.76)	NR	1.58 (1.38-1.80)	16.09 (14.23-18.19)
Leisure						
No	Ref	Ref	Ref	Ref	NR	Ref
Yes	0.81 (0.72-0.91)	1.94 (1.80-2.10)	0.78 (0.72-0.84)	2.06 (1.79-2.37)	NR	10.89 (9.89-11.98)
Errands						
No	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	NR
Yes	0.76 (0.66-0.86)	0.65 (0.59-0.71)	2.97 (2.71-3.25)	14.77 (13.09-16.68)	10.69 (9.71-11.77)	NR

Models were adjusted for age, income, health perception, smoking status, leisure screen-time, city density population. Models with commuting as outcome were additionally adjusted on distance to work and time spent at work. Models with leisure and errands as outcome were additionally adjusted on working status. NR: not relevant

* Analyses were performed among workers only

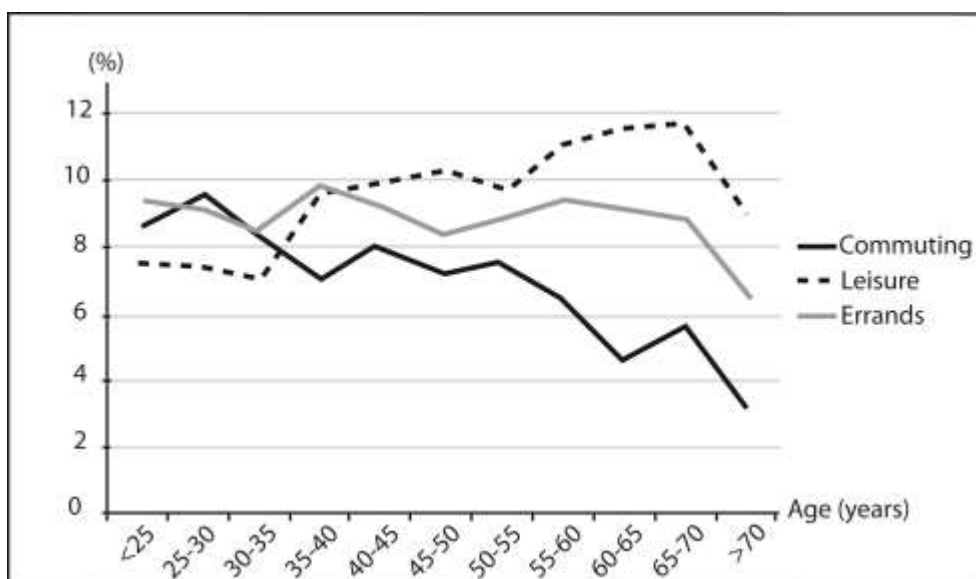
Figure legends

Figure 1 – Percentage of subjects* reporting practice at least 30min per week of walking in commuting, leisure and errands domain across 5-year age class



*: All the participants were included for walking for leisure and errand. Only the workers were included for walking for commuting.

Figure 2 – Percentage of subjects* reporting practice any cycling in commuting, leisure and errands domain across 5-year age class



*: All the participants were included for cycling for leisure and errand. Only the workers were included for cycling for commuting.

III. ARTICLE 2

OPEN ACCESS Freely available online

PLOS ONE



Changes in Sedentary Behaviours and Associations with Physical Activity through Retirement: A 6-Year Longitudinal Study

Mehdi Menai¹, Léopold Fezeu¹, Hélène Charreire^{1,2}, Emmanuelle Kesse-Guyot¹, Mathilde Touvier¹, Chantal Simon³, Christiane Weber⁴, Valentina A. Andreeva¹, Serge Hercberg^{1,5}, Jean-Michel Oppert^{1,6*}

1 Université Paris 13, Sorbonne Paris Cité - EREN (Equipe de Recherche en   pid  miologie Nutritionnelle), U1153 Inraem, Inra, Cnam, Centre de Recherche en épidémiologie et Biostatistiques, CRNH IdF, Bobigny, France, **2** Paris-Est Créteil University, Department of Geography, Lab-Urba, Urbanism Institute of Paris, Paris, France, **3** CARMEN, INSERM U1060/Université de Lyon (UMRA U1235 Lyon, France, **4** Laboratoire Image, Ville et Environnement, Université de Strasbourg, Strasbourg, France, **5** Department of Public Health, Hôpital Avicenne (AP-HP), Bobigny, France, **6** Université Pierre et Marie Curie-Paris 6, Dept of Nutrition Pitié-Salpêtrière Hospital (AP-HP), Centre for Research on Human Nutrition Ile-de-France (CRNH IdF), Institute of Cardiometabolism and Nutrition (ICAN), Paris, France

Abstract

Changes in sedentary behaviours and physical activity according to retirement status need to be better defined. Retirement is a critical life period that may influence a number of health behaviours. We assessed past-year sedentary behaviours (television, computer and reading time during leisure, occupational and domestic sitting time, in h/week) and physical activity (leisure, occupational and domestic, in h/week) over 6 years (2000–2001 and 2007) using the Modifiable Activity Questionnaire in 2,841 participants (mean age: 57.3±5.0 y) of the SU.VI.MAX (Supplementation with Antioxidants and Minerals) cohort. Analyses were performed according to retirement status. Subjects retired in 2001 and 2007 (40%) were those who spent most time in sedentary behaviour and in physical activity during and outside leisure ($p < 0.001$). Leisure-time sedentary behaviours increased in all subjects during follow-up ($p < 0.001$), but subjects who retired between 2001 and 2007 (31%) were those who reported the greatest changes ($+8.4 \pm 0.42$ h/week for a combined indicator of leisure-time sedentary behaviour). They also had the greatest increase in time spent in leisure-time physical activity ($+2.5 \pm 0.2$ h/week). In subjects not retired 2001 and 2007 (29%), changes in time spent watching television were found positively associated with an increase in occupational physical activity ($p = 0.04$) and negatively associated with changes in leisure-time physical activity ($p = 0.02$). No consistent association between changes in sedentary behaviours and changes in physical activity was observed in subjects retired in 2001 and 2007. Public health interventions should target retiring age populations not only to encourage physical activity but also to limit sedentary behaviours.

Citation: Menai M, Fezeu L, Charreire H, Kesse-Guyot E, Touvier M, et al. (2014) Changes in Sedentary Behaviours and Associations with Physical Activity through Retirement: A 6-Year Longitudinal Study. PLoS ONE 9(9): e106850. doi:10.1371/journal.pone.0106850

Editor: Hemachandra Reddy, Oregon Health & Science University, United States of America

Received: March 26, 2014; **Accepted:** August 6, 2014; **Published:** September 26, 2014

Copyright:    2014 Menai et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Data Availability: The authors confirm that all data underlying the findings are fully available without restriction. All relevant data are within the paper and its Supporting Information files.

Funding: This work was funded by the French National Research Agency (ANR-05-PNRA-010), the French National Cancer Institute (INCa 2011-1-PL-SHS-10), the French Ministry of Health, M  d  ric, Sodexo, Ipsen, MGEN and Pierre Fabre. M  d  ric and MGEN are French health insurance organizations, which are complementary to the National Health Insurance System. Ipsen and Pierre Fabre are private pharmaceutical companies. Sodexo, a food catering company, supported the study by organizing meetings between researchers and study participants. They financially supported the overall implementation of the research project. The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

Competing Interests: The authors received funding from commercial sources (M  d  ric, Sodexo, Ipsen, MGEN and Pierre Fabre). This does not alter their adherence to PLOS ONE policies on sharing data and materials.

* Email: jean-michel.oppert@pslaphp.fr

Background

According to the World Health Organization, the number of people 60 years of age or older worldwide will grow from 600 million to 2 billion by 2050. A large range of determinants (sociological, medical and technological) alter the habits and the behaviours of active and retired populations. The transition to retirement is considered as a major life event in terms of financial as well as behavioural modification, including important changes in sedentary and physical activity behaviours [1].

There is growing interest in sedentary behaviour and related health outcomes in adults [2]. Sedentary behaviour refers to any waking behaviour characterised by an energy expenditure ≤ 1.5 METs while in a sitting or reclining posture [3] (a MET or

Metabolic Equivalent Task is the ratio of the working metabolic rate of an activity divided by the resting metabolic rate [4]). This includes sitting and watching television (TV), along with other forms of screen-based entertainment [5]. Recently, sedentary behaviour was shown to be associated with increased risk of type 2 diabetes [6,7], cardiovascular disease [6,7], metabolic syndrome [8] and all-cause mortality [6,9], independent of habitual physical activity levels. The transition to retirement has been associated with an increase in TV viewing time in only three previous reports [10–12], but there is no evidence for the influence on other sedentary behaviours, such as computer time, reading time or overall sitting time.

In addition to the recognised health benefits of physical activity at all ages, recent studies point to particularly favourable effects in aging subjects. In elderly populations, physical activity was recently shown to be inversely associated with risk of mortality [13], dementia [14], some types of cancer [15], and depression [16]. However, most previous studies have focused on leisure-time physical activity [12,17–21] and only few studies have taken into account domestic and occupational physical activity [20,21].

In a recent systematic review, half of the included studies reported a negative association between physical activity and TV time, no relation was found with computer time, and there was no mention of reading time [22]. Incongruity across study results could reflect differences in methodology as well as in socio-demographic indicators. Considering the protective effect on health of physical activity and the potentially harmful effects of sedentary behaviour [23], defining at-risk populations or stages of life where physical activity and specific sedentary behaviours are related could help fine-tune public health policies targeting both exposures simultaneously. At present, the relationships between sedentary behaviour and physical activity in aging populations remain poorly documented, not permitting the assessment of the association before, during and after retirement [22].

The objectives of the present study, which used a longitudinal design in a sample of middle-aged French adults, were 1) to describe the 6-year changes in different types of sedentary behaviours and different domains of physical activity according to retirement status, and 2) to investigate the relationships between changes in sedentary behaviours and changes in physical activity according to retirement status.

Methods

Ethics statement

Subjects provided written informed consent to the study which was conducted according to guidelines laid down in the Declaration of Helsinki and was approved by the Ethics Committee for Studies with Human Subjects at Paris-Cochin Hospital (CCPPRB n° 706 and n° 2364, respectively) and the

Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL n° 334641 and n° 907094, respectively).

Subjects

Subjects were participants in the "Supplémentation en Vitamines et Minéraux Antioxydants" (SU.VI.MAX) cohort. The design, methods and rationale of the SU.VI.MAX study have been described elsewhere [24]. It was initially designed as a randomised, double-blind, placebo-controlled primary prevention trial to test the efficacy of daily supplementation with antioxidant vitamins and minerals at nutritional doses in reducing the incidence of ischaemic heart disease, cancer and overall mortality [25]. Following a 5-month national multimedia campaign that included TV, radio and newspapers, volunteer subjects, not selected for any specific risk factors, were included in 1994–1995 for a planned follow-up of 8 years (men: 45–60 y, women: 35–60 y). Each subject underwent a yearly visit alternating between a clinical examination and biological sampling. From the full SU.VI.MAX cohort (N=12,741), a total of 6,850 subjects who had agreed to participate in a post-supplementation observational follow-up were recruited for the SU.VI.MAX 2 study (2007–2009).

Physical activity and sedentary behaviours

Physical activity and sedentary behaviours were assessed in 2001 and 2007 using a French self-administered version [26] of the Modifiable Activity Questionnaire (MAQ) [27]. This instrument assesses past 12-month physical activity in various domains of everyday life. Physical activity assessment using the MAQ has been validated against energy expenditure measurements using the double-labelled water technique, and the test-retest properties of the questionnaire have been shown [28]. The questionnaire has been described in detail elsewhere [27]. Briefly, subjects were asked to report all leisure-time physical activity performed at least 10 times for 10 min per session over the past 12 months. Detailed information was collected concerning the type of leisure-time activity (walking, cycling, swimming, gardening, etc.). The frequency and duration of each activity was reported. Leisure-time activities were classified according to their intensity, based on their estimated metabolic cost, as moderate (3–6 METs) and

Table 1. Characteristics of the study population according to retirement status.

	Not retired in 2001 and 2007	Retirement between 2001 and 2007	Retired in 2001 and 2007	p
N	1126	891	824	
Sex (% men)	38.3	55.6	64.0	<0.001
Age (years)	53.1 (3.2)	57.1 (3.6)	62.3 (3.3)	<0.001
BMI (kg/m ²)	24.1 (3.5)	24.9 (3.5)	25.4 (3.4)	<0.001
Educational level				
Primary school	14.5	17.3	22.9	<0.001
High school	33.4	39.7	46.6	
University or equivalent	52.1	43	30.4	
Smoking status				
Never smoker	50.9	50.8	49.3	0.075
Former smoker	37.6	37.3	42.1	
Current smoker	11.5	11.9	8.6	

Values are mean (SD) or %.
p values are from ANOVA or Chi-square tests.
doi:10.1371/journal.pone.0106850.t001

Table 2. Sedentary behaviours and physical activity at baseline (2001) and changes during 6-year follow-up.

n	Baseline		Change				P
	Retirement between 2001 and 2007		Not retired in 2001 and 2007		Retired in 2001 and 2007 ^{†††}		
	1126	891	824	1126	824	824	
<i>Sedentary behaviours (h/week)</i>							
Total leisure sedentary behaviour	21.8 (10.7)	23.3 (11.4)	28.9 (12.1)	4.7 (0.35)	8.4 (0.42)	4.2 (0.41)	<0.001 ^{ab}
Television viewing during leisure	12.8 (8.2)	13.9 (8.0)	17.9 (9.2)	1.5 (0.19)	3.0 (0.24)	0.9 (0.27)	<0.001 ^{ab}
Computer use during leisure	2.1 (4.0)	2.3 (4.5)	2.6 (5.0)	2.5 (0.17)	4.1 (0.24)	2.8 (0.21)	<0.001 ^{ab}
Reading during leisure	7.1 (5)	7.1 (5.3)	8.5 (5.6)	0.6 (0.19)	1.3 (0.22)	0.4 (0.20)	0.006 ^b
Occupational sitting	16.9 (13.3)	14.2 (13.0)	-	-1.7 (0.31)	-14.2 (0.45)	-	<0.001 ^a
Domestic sitting	1.8 (4.9)	2.3 (8.0)	4.8 (9.9)	0.3 (0.26)	1.81 (0.42)	-1.1 (0.53)	<0.001 ^{ba}
<i>Physical activity (h/week)</i>							
Total leisure	3.4 (3.9)	3.6 (4.2)	6.7 (6.6)	0.7 (0.11)	2.5 (0.18)	-0.6 (0.23)	<0.001 ^{abc}
Moderate leisure	2.7 (3.6)	3.0 (3.9)	5.7 (6.3)	0.3 (0.11)	1.7 (0.17)	-0.7 (0.22)	<0.001 ^{abc}
Vigorous leisure	0.6 (1.5)	0.6 (1.4)	0.9 (2.1)	0.1 (0.06)	0.4 (0.06)	-0.1 (0.07)	<0.001 ^{ab}
Walking	0.8 (1.5)	0.9 (1.7)	1.6 (2.2)	0.3 (0.08)	0.9 (0.09)	0.1 (0.09)	<0.001 ^{ab}
Gardening	0.7 (1.7)	0.9 (1.9)	2.0 (3.7)	0.2 (0.05)	0.7 (0.09)	-0.1 (0.13)	<0.001 ^{ab}
Swimming	0.1 (0.3)	0.1 (0.3)	0.1 (0.4)	0.006 (0.01)	0.04 (0.01)	-0.03 (0.01)	0.002 ^b
Biking	0.2 (0.6)	0.2 (0.7)	0.3 (1.1)	0.04 (0.02)	0.1 (0.05)	-0.05 (0.03)	0.01 ^b
Occupational	14.1 (13.5)	14.1 (13.3)	-	-3.4 (0.56)	-14.1 (0.46)	-	<0.001 ^a
Domestic	7.6 (8.5)	6.6 (7.3)	9.1 (10.0)	-0.7 (0.33)	3.6 (0.49)	-0.1 (0.67)	<0.001 ^{ab}

Values are mean (SD) for baseline and mean (SE) for changes. P values are from ANCOVA with adjustment on sex and age.
^aComparisons between subjects not retired in 2001 and 2007 and subjects who retired between 2001 and 2007 are significantly different (p<0.05).
^bComparisons between subjects who retired between 2001 and 2007 and subjects who retired in 2001 and 2007 are significantly different (p<0.05).
^cComparisons between subjects not retired in 2001 and 2007 and subjects retired in 2001 and 2007 are significantly different (p<0.05).
[†]Except for vigorous leisure time physical activity and swimming, all values for changes are significantly different from 0.
^{††}All values for changes are significantly different from 0.
^{†††}Except for reading, domestic physical activity, vigorous leisure physical activity, walking, gardening and biking, all values for changes are significantly different from 0.
 doi:10.1371/journal.pone.0106850.t002

Table 3. Relations between changes in time spent in sedentary behaviours (dependent variables) and changes in physical activity (exposure variables) during the 6-year follow-up for subjects working in 2001 and 2007.

Physical activity (h/week)	Television viewing during leisure		Computer use during leisure		Reading during leisure		Occupational sitting		Domestic sitting	
	β	P	β	P	β	P	β	P	β	P
Total leisure	-0.04	0.02	0.01	0.50	-0.01	0.66	-0.04	0.52	-0.11	0.22
Moderate leisure	-0.04	0.02	0.02	0.31	0.03	0.23	-0.07	0.27	-0.12	0.18
Vigorous leisure	-0.04	0.10	0.01	0.69	-0.03	0.39	-0.10	0.36	-0.19	0.31
Occupational	0.02	0.04	0.002	0.82	0.02	0.13	-0.03	0.53	-0.01	0.87
Domestic	0.08	0.02	0.01	0.7	-0.01	0.84	0.20	0.007	0.05	0.046

Beta coefficients are from linear regression analyses with each change in sedentary behaviour as outcome variable. Models were adjusted for age, sex, educational level, smoking status, physical activity at baseline and baseline values of the respective outcome variable.
doi:10.1371/journal.pone.0106850.t003

vigorous (>6 METs) activity. Thus, physical activity variables used in the analyses included moderate and vigorous leisure-time physical activity, selected physical activities (e.g. walking, gardening, etc.), and the sum of the overall time spent in leisure-time physical activity.

The questionnaire included items about the time usually spent (in hours and minutes per day) at home watching TV/video, using a computer or playing video games, or reading for leisure. Time spent in each leisure sedentary occupation and the sum of all time periods spent in these leisure sedentary occupations were used in the analyses.

Assessment of occupational physical activity was based on the number of hours during which an individual participated in physically demanding activities during an average work day, for each job held over the past year. Occupational sedentary behaviour was based on the number of hours sitting during an average work day, for each job held over the past year. The original version of the MAQ only explored physical activity during leisure-time and at work. To also take into account physical activity unrelated to occupation or leisure, subjects were separately asked to report any domestic physical activity which included activities related to housekeeping, use of active transportation to run errands, etc. that had been performed at least 10 times for 10 min each session over the past 12 months. These questions were asked in the same format as in the occupational section of the questionnaire, including sitting.

Sociodemographic covariables

Retirement status was assessed by self-report during the 2001 (baseline for the present study) and 2007 (follow-up) visits. The population was divided into 3 categories, according to their baseline and follow-up retirement status: 1) subjects who were not retired in 2001 and 2007, 2) subjects who retired between 2001 and 2007, and 3) subjects who were retired in 2001 and 2007. Sex, date of birth and educational level were assessed at entry using a self-administered questionnaire. Level of education was coded into three categories according to the highest certification obtained (primary school, high school, university or equivalent). Smoking status (never, former, current) was assessed in September 1998 by a separate questionnaire sent to the entire cohort. Height and weight were measured during the 2001 and 2007 visits. BMI was calculated as body weight (in kilograms) divided by the squared height (kg/m²).

Statistical analyses

For each subject, changes between 2001 and 2007 in indicators of sedentary behaviour and physical activity were computed as the value recorded in 2007 minus the value recorded in 2001. Continuous variables were summarized by calculating the mean ± standard deviation (SD). We used one-way ANOVA to assess differences in continuous variables across retirement groups, with a Bonferroni correction applied for multiple comparisons. T-tests were used to assess post-hoc differences between retirement groups and to assess changes in the continuous variables during follow-up. We used chi-square tests to assess differences in categorical variables across retirement groups. Associations between changes in sedentary behaviours and changes in physical activity according to retirement status evolution between 2001 and 2007 were assessed using a multivariate generalised linear model. Covariates included sex, age in 2001, educational level, smoking status and occupational physical activity at baseline when appropriate. For all analyses, the significance level was set at 0.05 and all tests were two-sided. All statistical analyses were performed using SAS software (version 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Results

Comparisons between subjects included and not included in the analyses

Among subjects initially included in the SU.VI.MAX study, we focused the present analyses on subjects with available data from the physical activity questionnaires both in 2001 and 2007 ($n=3,458$ subjects available), aged 45 years or older at entry into the study (in order to have a similar age range in both genders) ($n=3,006$ subjects). In addition, subjects who reported being confined to bed more than 4 weeks in the past year before completing the questionnaires were excluded ($n=165$), thus obtaining a final sample of $n=2,841$ (1,453 men and 1,388 women).

Compared to subjects examined in 2007 (SU.VI.MAX 2 study) but not included in the present analyses, our study population comprised more men (51.1 vs. 36.2%, $p<0.001$), more subjects with a university education level (42.9 vs. 39.5%, $p<0.001$), and they had a lower mean BMI (24.3 kg/m^2 vs. 24.5 kg/m^2 , $p=0.03$), and were slightly older at baseline (57.0 y vs. 55.2 y, $p<0.001$).

Baseline characteristics of the study population

Twenty nine percent of subjects were not retired in 2001 and 2007, 31.4% were retired between 2001 and 2007, and 39.6% of the sample were retired in 2001 and 2007 (Table 1). Subjects retired in 2001 and 2007 were mostly men, older and less educated than their employed counterparts (Table 1). At baseline, subjects retired in 2001 and 2007 had higher total levels of leisure-time sedentary behaviour, spent more time watching TV and reading, and spent twice the time in overall leisure-time physical activity (Table 2) compared to other two groups. These subjects also engaged in twice as much walking and gardening.

Six-year changes in sedentary behaviours and physical activity

Between 2001 and 2007, total leisure-time sedentary behaviour, TV viewing and computer use increased in all three groups ($p<0.001$ in each group for the comparison between follow-up and baseline levels) (Table 2). For subjects retired between 2001 and 2007, there was an increase in both leisure-time and domestic physical activity (all $p<0.01$, data not shown). For subjects retired in 2001 and 2007, time spent in total leisure-time physical activity and moderate-intensity leisure-time physical activity decreased ($p<0.005$, data not shown).

Between 2001 and 2007, total leisure-time sedentary behaviour, TV viewing and computer use increased to a larger extent in subjects retired between 2001 and 2007 compared to the two other groups (Table 2). Leisure-time physical activities, except for swimming and biking also increased more in subjects retired between 2001 and 2007 compared to the two other groups (Table 2). When comparing subjects not retired in 2001 and 2007 and subjects retired in 2001 and 2007, there was no significant difference for changes in sedentary behaviours during leisure. In contrast, changes in total and moderate-intensity leisure-time physical activities were significantly higher for subjects not retired in 2001 and 2007 compared to subjects retired in 2001 and 2007 (Table 2).

The associations of retirement with sedentary behaviours and physical activity shown in Table 2 are consistent with models adjusted for age, sex, educational level, smoking status, and initial sedentary and physical activity behaviour levels (data shown in Table S1).

Associations between changes in sedentary behaviour and changes in physical activity

In subjects not retired in 2001 and 2007, changes in time spent TV viewing were positively related to changes in occupational physical activity ($p=0.04$) (Table 3). In the same group, changes in time spent in total and moderate-intensity leisure-time physical activity was negatively associated with changes in time spent watching TV ($p=0.02$ and $p=0.02$ respectively). No association was found for subjects retired between 2001 and 2007 or for subjects retired in 2001 and 2007 (data not shown).

Discussion

In this study in French subjects, we studied the 6-year changes in different types of sedentary behaviour and different domains of physical activity according to retirement status, and we investigated the relationships between changes in sedentary behaviours and changes in physical activity according to retirement status. All subjects increased their sedentary behaviour during follow-up, but those retired between 2001 and 2007 showed the greatest changes. They also had the greatest increase in time spent in leisure-time physical activity. Subjects retired in 2001 and 2007 were those who spent the most time in sedentary behaviour, leisure-time physical activity and domestic leisure-time physical activity. Finally, leisure-time physical activity was inversely associated with time spent TV viewing in subjects not retired in 2001 and 2007. These findings extend those of our previous report documenting changes in sedentary behaviour and physical activity over three years in subjects from the same population [12].

In subjects retired between 2001 and 2007, it was noticeable that the mean increase in total sedentary behaviour was about three times higher (+8.4 h/week) than the mean increase in leisure-time physical activity (+2.5 h/week). The greatest change in sedentary behaviour during leisure-time was for computer use compared to reading and TV viewing. This behavioural change appears in line with the rapidly expanding use of computers and the Internet across different population groups including aging subjects, during these same years (2001–2007) [29]. It underscores the importance of assessing different dimensions of sedentary behaviours and not only TV viewing, known to increase through retirement [11,12].

In addition to sedentary behaviours, this study is one of the few that performed a detailed assessment of changes in different types of leisure-time physical activities in subjects transitioning to retirement [10]. In our subjects, the increase in moderate-intensity activity (such as walking and gardening) accounted on average for about two thirds of the increase in total leisure-time physical activity. This is in agreement with results from previous studies where transition to retirement was associated with an increased sports participation [11], with increased total leisure-time physical activity score [10,18] and with an increased proportion of subjects meeting physical activity recommendations [17].

There are several potential explanations for the increase in leisure-time physical activity with retirement. First, retirement leads to a decrease in time constraints possibly corresponding to more free-time available. Second, individuals likely become increasingly health-conscious in the context of aging, which could increase motivation to engage in more recreational physical activity. Finally, increased leisure-time physical activity after retirement may provide a new daily routine and new opportunities for social interactions [30].

For subjects not retired in 2001 and 2007 the changes in time spent watching TV during leisure-time were differentially associated with changes in time spent being active at work (positive

association) and time spent being active during leisure (negative association). The positive association with changes in active occupational time may intuitively be interpreted as compensatory behaviour and the need for rest outside work. The negative association with changes in active leisure-time might reflect choices made in terms of budget time in this working population. Although there is no previous study reporting such associations in a longitudinal design, negative cross-sectional associations were shown between TV time and leisure-time physical activity [31,32]. The lack of significant results for subjects retired between 2001 and 2007 and those retired in 2001 and 2007 can be interpreted as subjects having more availability after retirement and consequently not to make choices between leisure-time sedentary behaviour and physical activity.

Some limitations of this study need to be mentioned. First, measurements of physical activity and sedentary behaviours were derived from self-reporting, which can cause misclassification bias mostly because of over-reporting of physical activity [33]. However, there is no reason to expect that retirement status would have repercussions on that misclassification. In addition, the applicability of the MAQ to older subjects may be discussed. Regarding reliability, in the first description of the MAQ by Kriska et al. [27], 1–3 week test-retest correlations for past-year leisure-time physical activity were found to be of about the same magnitude in the older compared to the younger adult subjects (37–59 y, $\rho = 0.88$ and 21–36 y, $\rho = 0.92$, respectively). Second, we had information about the employment status (retired or not) at the time of data collection (2001 and 2007) but the actual date of retirement amongst these subjects and the reasons for retirement were not available. A possible selection bias could occur if some participants had retired earlier because of poor health, which might have negatively impacted their physical activity. To prevent, at least in part this limitation, subjects who reported being confined to bed more than 4 weeks in the past year before completing the questionnaires were excluded from the analyses. In addition, smoking habits were self-reported two years before the first wave of physical activity assessment, leading to a potential misclassification bias regarding subjects who had quit smoking between the two assessment periods. Third, despite the retirement age in our population (58–64 y) being consistent with the retirement age in France at the time of the study, our subjects were volunteers participating in a nutritional intervention study.

References

- Ekerdt DJ (2010) Frontiers of research on work and retirement. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 65B(1): 69–80. doi:10.1093/geronb/gbp109
- Thorpe AA, Owen N, Neuhans M, Dunstan DW (2011) Sedentary behaviors and subsequent health outcomes in adults: a systematic review of longitudinal studies, 1996–2011. *Am J Prev Med* 41(2): 207–15. doi:10.1016/j.amepre.2011.05.004
- Sedentary Behaviour Research Network (2012) Letter to the editor: standardized use of the terms “sedentary” and “sedentary behaviours”. *Appl Physiol Nutr Metab* 37(3): 540–542. doi:10.1139/apnm-2012-024
- Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, et al. (2000) Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Medicine and science in sports and exercise* 32(9 Suppl): S498–504.
- Paie RR, O'Neill JR, Lobelo F (2008) The evolving definition of “sedentary”. *Exerc Sport Sci Rev* 36(4): 173–8. doi:10.1097/JES.0b013e3181877d1a
- Greenwood A, Hu FB (2011) Television viewing and risk of type 2 diabetes, cardiovascular disease, and all-cause mortality: a meta-analysis. *JAMA* 305(23): 2448–55. doi:10.1001/jama.2011.812
- Pinto Pereira SM, Ki M, Power C (2012) Sedentary behaviour and biomarkers for cardiovascular disease and diabetes in mid-life: the role of television-viewing and sitting at work. *PLoS one* 7(2): e31132. doi:10.1371/journal.pone.0031132
- Edwards CL, Gorely T, Davies MJ, Gray LJ, Khunti K, et al. (2012) Association of sedentary behaviour with metabolic syndrome: a meta-analysis. *PLoS one* 7(4): e34916. doi:10.1371/journal.pone.0034916
- Koster A, Caserini P, Patel KV, Matthews CE, Berrigan D, et al. (2012) Association of sedentary time with mortality independent of moderate to

vigorous physical activity. *PLoS one* 7(6): e37696. doi:10.1371/journal.pone.0037696

Conclusions

In subjects transitioning to retirement, both sedentary behaviour and physical activity during leisure-time increased substantially over the 6-year follow-up period. However, the mean increase in sedentary behaviour during leisure-time was about three times higher than the mean increase in leisure-time physical activity, with the greatest change seen in computer use compared to reading and TV viewing. This may be of serious concern considering the growing evidence of the deleterious health effects of sedentary behaviours. This emphasizes the need to test interventions and to reinforce public health measures aimed at decreasing sedentary behaviours and increasing regular physical activity during the critical retirement period.

Supporting Information

Table S1 Relations between changes in time spent in sedentary behaviours or changes in physical activity with retirement status during the 6-year follow-up (linear regression analysis).
(DOC)

Acknowledgments

This work is also part of the ACTI-Cités (Activité physique, transport actif et environnement de vie urbain) project.

The authors thank Younes Esseddik, Paul Flanzy, Mohand Ait Oufella, Yasmina Chelghoum, and Than Duong Van (computer scientists), Florence Charpentier (dietitian), Nathalie Arnault, Véronique Gourellet, Fabien Szabo, Laurent Bourhis, and Stephen Besseau (statisticians), and Rachida Mehroug (logistics assistant) for their technical contribution to the SU.VLMAX study. We also thank the participants in this cohort.

Author Contributions

Conceived and designed the experiments: SH EKG. Performed the experiments: SH EKG. Analyzed the data: MM. Contributed to the writing of the manuscript: MM LF HC EKG MT CS CW SH JMO VAA.

10. Barnett J, van Shuijs E, Ogilvie D, Wareham NJ (2013) Changes in household, transport and recreational physical activity and television viewing time across the transition to retirement: longitudinal evidence from the EPIC-Norfolk cohort. *J Epidemiol Community Health* doi:10.1136/jech-2013-205225
11. Evenson KR, Rosamond WD, Cai J, Diez-Roux AV, Brancati FL (2002) Influence of retirement on leisure-time physical activity: the atherosclerosis risk in communities study. *Am J Epidemiol* 155(6): 602–9.
12. Touvier M, Bertrands S, Charvriat H, Vergnaud AC, Hercberg S, et al. (2010) Changes in leisure-time physical activity and sedentary behaviour at retirement: a prospective study in middle-aged French subjects. *Int J Behav Nutr Phys Act* 7: 14. doi:10.1186/1479-5800-7-14
13. Samitz G, Egger M, Zwahlen M (2011) Domains of physical activity and all-cause mortality: systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies. *Int J Epidemiol* 40(3): 1382–400. doi:10.1093/ije/dyr112
14. Barnes DE, Whitmer RA, Yaffe K (2007) Physical activity and dementia: The need for prevention trials. *Exerc Sport Sci Rev* 35(1): 24–9. doi:10.1097/JES.0b013e3181002d6b2
15. Lemaire D, Casaleth B, Gulati J (2013) The role of physical activity in cancer prevention, treatment, recovery, and survivorship. *Oncology (Williston Park, N.Y.)* 27(5): 500–5.
16. Azevedo Da Silva M, Singh-Manoux A, Beauman EJ, Kaffashian S, Shipley MJ, et al. (2012) Bidirectional association between physical activity and symptoms of

- anxiety and depression: the Whitehall II study. *Eur J Epidemiol* 27(7): 537–46. doi:10.1007/s10654-012-9692-8.
17. Berger U, Dev G, Maitre N, Hannah M (2005) The impact of retirement on physical activity. *Aging Soc* 25(2): 181–95.
 18. Brown WJ, Heesch KC, Miller YD (2009) Life events and changing physical activity patterns in women at different life stages. *Ann Behav Med* 37(3): 294–305. doi:10.1007/s12160-009-9099-2.
 19. Glanzer FD, Havship BJ (1985) The impact of retirement on participation in leisure activities. *Ther Recreation J* 19(3): 28–30.
 20. Meiri GK, Shipley MJ, Hillsdon M, Ellison GT, Marmot MG (2005) Work, retirement and physical activity: cross-sectional analyses from the Whitehall II study. *Eur J Public Health* 15(5): 317–22. doi:10.1093/eurpub/cki007.
 21. Slingerland AS, van Lenthe FJ, Jukema JW, Kamphuis CB, Leeman G, et al. (2007) Aging, retirement, and changes in physical activity: prospective cohort findings from the GLOBE study. *Am J Epidemiol* 165(12): 1356–63. doi:10.1093/aje/kwm053.
 22. Rhodes RE, Mark RS, Tremblé CP (2012) Adult sedentary behavior: a systematic review. *Am J Prev Med* 42(3): e3–28. doi:10.1016/j.amepre.2011.10.020.
 23. Hamilton MT, Hamilton DG, Zderic TW (2007) Role of low energy expenditure and sitting in obesity, metabolic syndrome, type 2 diabetes, and cardiovascular disease. *Diabetes* 56(11): 2655–67. doi:10.2337/0007-0882.
 24. Heerberg S, Preziosi P, Briançon S, Galan P, Triol I, et al. (1998) A primary prevention trial using nutritional doses of antioxidant vitamins and minerals in cardiovascular diseases and cancers in a general population: the SU.VI.MAX study—design, methods, and participant characteristics. *Supplementation en Vitamines et Minéraux Antioxydants*. *Control Clin Trials* 19(4): 336–51.
 25. Heerberg S, Galan P, Preziosi P, Bertrai S, Mennen L, et al. (2004) The SU.VI.MAX Study: a randomized, placebo-controlled trial of the health effects of antioxidant vitamins and minerals. *Arch Intern Med* 164(21): 2335–42. doi:10.1001/archinte.164.21.2335.
 26. Vuillemin A, Oppert JM, Guillemin F, Esquermeur L, Fontvieille AM, et al. (2000) Self-administered questionnaire compared with interview to assess past-year physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 32(9): 1119–24.
 27. Kriska AM, Knowler WC, LaPorte RE, Drash AL, Wing RR, et al. (1990) Development of questionnaire to examine relationship of physical activity and diabetes in Pima Indians. *Diabetes Care* 13(4): 401–11.
 28. Pereira MA, Fitz-Gerald SJ, Gregg EW, Joswiak ML, Ryan WJ, et al. (1997) A collection of Physical Activity Questionnaires for health-related research. *Med Sci Sports Exerc* 29(6 Suppl): S1–205.
 29. Bigot R, Crosare P, Dauley E (2013) La diffusion des technologies de l'information et de la communication dans la société française. Centre de Recherche pour l'Étude et l'Observation des Conditions de vie (CREDOC). <http://www.credoc.fr/pdf/Rapp/R297.pdf>
 30. Barnett I, Guell C, Ogbivie D (2012) The experience of physical activity and the transition to retirement: a systematic review and integrative synthesis of qualitative and quantitative evidence. *Int J Behav Nutr Phys Act* 9: 97. doi:10.1186/1479-2860-9-97.
 31. Kaleta D, Jeger A (2007) Predictors of inactivity in the working-age population. *Int J Occup Med Environ Health* 20(2): 175–82. doi:10.2478/s10001-007-0019-z.
 32. Sugiyama T, Salmon J, Dunstan DW, Kennen AE, Owen N (2007) Neighborhood walkability and TV viewing time among Australian adults. *Am J Prev Med* 33(6): 444–9. doi:10.1016/j.amepre.2007.07.033.
 33. Shephard RJ (2003) Limits to the measurement of habitual physical activity by questionnaires. *Br J Sports Med* 37(3): 197–206; discussion.

IV. ARTICLE 3

Determining the association between types of sedentary behaviours and cardiometabolic risk factors: a 6 year longitudinal study of French adults

Running title: Sedentary behaviours and cardiometabolic risk

M. Menai^a, H. Charreire^{a,b}, E. Kesse-Guyot^a, V. A. Andreeva^a, S. Hercberg^{a,c}, P. Galan^a, J-M. Oppert^{a,d}, L. K. Fezeu^{a,§}.

a Université Paris 13, Sorbonne Paris Cité - EREN (Équipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle), U1153 Inserm, Inra, Cnam, Centre de Recherche en Epidémiologie et Biostatistiques; CRNH IdF, Bobigny, France

b Paris-Est Créteil University, Department of Geography, Lab-Urba, Urbanism Institute of Paris, Paris, France

c Department of Public Health, Hôpital Avicenne (AP-HP), Bobigny, France,

d Université Pierre et Marie Curie-Paris 6, Department of Nutrition Pitié-Salpêtrière Hospital (AP-HP), Centre for Research on Human Nutrition Ile-de-France (CRNH IdF), Institute of Cardiometabolism and Nutrition (ICAN), Paris, France

e-mail address: M. Menai (m.menai@uren.smbh.univ-paris13.fr), H. Charreire (helene.charreire@u-pec.fr), E. Kesse-Guyot (e.kesse@uren.smbh.univ-paris13.fr), V. A. Andreeva (v.andreeva@uren.smbh.univ-paris13.fr), S. Hercberg (s.hercberg@uren.smbh.univ-paris13.fr), P. Galan (p.galan@eren.smbh.univ-paris13.fr), J-M. Oppert (jean-michel.oppert@psl.aphp.fr), L. K. Fezeu (fezeu@uren.smbh.univ-paris13.fr)

§ Author for correspondence: Leopold K. Fezeu, MD, PhD

74 rue Marcel Cachin, Faculté SMBH, 94017, Bobigny Cedex, France

Tel: +33 1 48 38 89 78

Fax: +33 1 48 38 89 31

E-mail:l.fezeu@uren.smbh.univ-paris13.fr

ABSTRACT

Aim: To determine the longitudinal associations between leisure-time sedentary behaviours (television, computer use and reading, in h/week) and cardiometabolic risk factors, including the metabolic syndrome.

Methods: 2,517 participants (mean±SD age: 55.5±4.9 y), for which physical activity and leisure-time sedentary behaviours, anthropometry, body composition, blood pressure, fasting blood glucose and lipids were assessed in 2001 and 2007 using standardized methods were included in the present study. Multivariate generalised linear (beta, 95%CI and p-values) and logistic (OR and 95% CI) regression models were used to assess cross-sectional associations between sedentary behaviours and cardiometabolic risk factors, while a 6-year longitudinal study explored associations between sedentary behaviours and cardiometabolic risk factors as well as the odds of developing a metabolic syndrome using the NCEP-ATPIII definition.

Results: Increased television viewing time over the follow-up was positively associated with increases in body mass index ($p<0.01$) percent body fat ($p<0.001$) and marginally with waist circumference ($p=0.06$). Reverse associations were also found with changes in BMI, percent fat mass and waist circumference positively associated with TV viewing and computer use. Associations between reading and cardiometabolic risk factors were less consistent. Each increased baseline 1 hour per week TV viewing and reading were associated with an increase in the odds of developing a metabolic syndrome (OR=1.031, 95%CI [0.998-1.060], $p=0.07$ and OR=1.032, 95%CI [1.002-1.065], $p=0.02$, respectively).

Conclusion: The data emphasize the notion of differential associations of specific sedentary behaviours with cardiometabolic risk factors. They also evidence different longitudinal associations that should be taken into account when designing public health objectives of interventions aiming at improving cardiometabolic health.

Keywords: Sedentary behaviours – Metabolic syndrome - Cardiometabolic risk factors – Television viewing– Longitudinal study

Introduction

In the past decade, a new paradigm has emerged in the field of physical activity and metabolic health: sedentary behaviour [1,2]. Sedentary behaviour is commonly defined as time spent in activities that require an energy expenditure of 1.0 to 1.5 times resting energy expenditure and where sitting or lying is the dominant position [3]. This concept is increasingly recognized as

an important risk factor for a large number of chronic conditions, leading to the development of objective and subjective assessment methods, capturing different aspects of sedentary behaviour [4]. While objective measures, such as accelerometers, quantify sedentary activities globally without differentiating between domains, subjective measures (e.g. questionnaires) categorize sedentary behaviour as discretionary and nondiscretionary. Sedentary activities in discretionary time typically include occupations such as watching television (TV), reading, using a computer or playing video games. Nondiscretionary sedentary activities are behaviours such as sitting at work, school or while commuting via car or bus. Over the last decades, time-budget analyses have shown an overall decreasing trend in time spent being physically active, paralleling an increasing trend in time spent sedentarily [5]. Although sedentary behaviour appears as an important determinant of poor health independently of physical activity, this relationship is complex because it depends on the type of sedentary behaviour and the age group studied [6].

In adults, a number of cross-sectional studies have assessed the relationships between sedentary behaviour and risk factors of either type 2 diabetes or cardiovascular disease (e.g. metabolic syndrome, overweight/obesity, elevated systolic and diastolic blood pressure, fasting/postprandial hyperglycemia, and increased triglycerides and low HDL-cholesterol levels) [7-13]. They have consistently shown that spending excessive time engaged in sedentary behaviour may have a negative impact on these health outcomes. Although identifying sedentary behaviour specifically associated with subsequent metabolic risk is an important first step to design targeted preventive interventions in ageing populations, to date, there is no longitudinal epidemiological study available assessing sedentary behaviour other than TV viewing or sitting as exposure. On the other hand, few studies have explored the converse hypothesis: cardiometabolic risk factors leading to higher sedentary behaviour, implying that having a cardiometabolic disease (e.g. being overweight or having type 2 diabetes) may affect sedentary behaviours. The results from these studies have been contradictory, with evidence of positive [14,15] or null association [7,16].

The objectives of the present longitudinal study were to assess, in ageing French adults, 1) The cross-sectional and longitudinal reciprocal associations between three different leisure-time sedentary behaviours (TV watching, computer use and reading) with various cardiometabolic risk factors and 2) The associations between these three baseline sedentary

behaviour and 6-year odds of developing a metabolic syndrome using the National Cholesterol Education Program (NCEP-ATPIII) definition.

Methods

Study design and study population

Participants were selected from the “Supplémentation en Vitamines et Minéraux AntioXydants” (SU.VI.MAX) cohort. The design, methods and rationale of the SU.VI.MAX study have been described elsewhere [17]. It was initially designed as a randomized, double-blind, placebo-controlled primary prevention trial to test the efficacy of daily supplementation with antioxidant vitamins and minerals at nutritional doses in reducing the incidence of ischaemic heart disease, cancer and overall mortality [18]. Following a 5-month national multimedia campaign that included TV, radio and newspapers, volunteer subjects, not selected for any specific risk factors, were included in 1994–1995 for a planned follow-up of 8 years (men: 45–60 y, women: 35–60 y). Each participant underwent a yearly visit alternating between a clinical examination and blood sampling for biological measurements. From the full SU.VI.MAX cohort (N=13,017), a total of 6,850 participants who had agreed to be included in a post-supplementation observational follow-up were recruited for the SU.VI.MAX 2 study (2007-2009). All procedures regarding human subjects protection were approved by the Ethics Committee for Studies with Human Subjects at Paris-Cochin Hospital (CCPPRB n° 706 and n° 2364, respectively) and the Commission Nationale de l’Informatique et des Libertés (CNIL n° 334641 and n° 907094, respectively).

Among the 13,017 participants initially included in the SU.VI.MAX study, we focused the present analyses on those with available data from the physical activity questionnaires both in 2001 and 2007 (n=3,458), and aged 45 years or older at entry into the study (in order to have a similar age range in both genders) (n=3,006). In addition, participants who reported being confined to bed more than four weeks in the year before completing the questionnaires were excluded (n=165), as were participants who did not provide information about all socio-economic variables (n=324), thus obtaining a final sample of n=2,517 participants (1,311 men and 1,206 women) with an age range from 45 to 65 years.

Physical activity and sedentary behaviours

Physical activity and leisure-time sedentary behaviour were assessed in 2001 and 2007 using a validated French self-administered version [19] of the Modifiable Activity Questionnaire (MAQ) [20]. This instrument is used to assess past 12-month physical activity in various domains of everyday life. Physical activity assessment using the MAQ has been validated against energy expenditure measurements using the double-labelled water technique, and the test-retest properties of the questionnaire have been reported [21]. The questionnaire has been described in detail elsewhere [20]. Briefly, participants were asked to report all leisure-time physical activities performed at least 10 times for 10 min per session over the past 12 months. Detailed information was collected concerning the type of leisure-time activity (walking, cycling, swimming, gardening, etc.). The frequency and duration of each activity was also reported. The questionnaire included items about the time usually spent (in hours and minutes per day) at home watching TV/video, using a computer or playing video games, or reading for leisure. Time spent in each leisure-time sedentary occupation was used in these analyses. Finally, assessment of occupational physical activity was based on the number of hours during which an individual participated in physically demanding activities during an average work day, for each job held over the past year.

Clinical and biochemical measurements

Height, body weight, waist circumference (WC) and percent fat mass were measured with each participant wearing indoor clothing and no shoes. Height was measured to the nearest 0.5 cm with a wall-mounted stadiometer. Body weight and percent fat mass were measured using the Tanita® TBF-300 (Tanita Corp., Tokyo, Japan) bio-impedance analysis device, following the manufacturer's instructions. Measurements were performed in a standing position, through two footpad electrodes in contact with the soles and heels on both feet. An in-built scale measured body weight at the same time. The body mass index (BMI) was calculated as body weight (kg) divided by the squared height (kg/m²). Total fat mass was determined by the device-specific software using a proprietary equation developed by the manufacturer, and percent fat mass was calculated as fat mass (kg) divided by body weight (kg) x 100. WC was measured, using an inelastic tape, as the circumference midway between the lower ribs and the iliac crests in standing position. Blood pressure (BP) was taken using a standard mercury sphygmomanometer one time on each arm in participants who had been lying down for 10 minutes. The mean of the two measurements was used for analyses. When systolic blood pressure (SBP) was >160 mm Hg or diastolic blood pressure (DBP) was >100

mm Hg, the BP was re-measured after a second rest period of 5 minutes, and the lowest value was kept [17]. Pulse pressure was computed as the value of SBP minus DBP.

Blood samples were obtained after a 12-hour overnight fast, and all biochemical measurements were centralised. Fasting blood glucose, high-density lipoprotein (HDL)-cholesterol and triglyceride concentrations were measured using an enzymatic method (Advia 1650; Bayer Diagnostic, Puteaux, France). Low density lipoprotein (LDL)-cholesterol was obtained using the Friedewald formula.

We used the metabolic syndrome definitions according to both the NCEP-ATPIII criteria [22] and the International Diabetes Federation (IDF) as sensitive analyses [23]. According to the NCEP-ATPIII criteria, the metabolic syndrome was based on the presence of 3 or more of the 5 following criteria: WC ≥ 102 cm in men and ≥ 88 cm in women; SBP ≥ 130 mm Hg and/or DBP ≥ 85 mm Hg, or use of antihypertensive drugs; triglycerides ≥ 1.7 mmol/l; HDL-cholesterol < 1.03 mmol/l in men and < 1.3 mmol/l in women; fasting blood glucose ≥ 5.6 mmol/l and/or the use of anti-diabetic drugs. According to the IDF criteria, the metabolic syndrome was based on the presence a WC ≥ 94 cm in men and ≥ 80 cm in women with 2 or more of the previous criteria, which are identical to those provided by NCEP-ATPIII, except for the WC limit.

Socio-demographic variables

Sex, date of birth and educational level were assessed at enrolment using a self-administered questionnaire. Level of education was coded into three categories according to the highest certification obtained (primary school, high school, university or equivalent). Smoking status (never, former, current) was assessed in September 1998 by a separate questionnaire sent to the entire cohort.

Statistical analyses

For each participant, changes between 2001 and 2007 in indicators of leisure-time sedentary behaviour, physical activity and cardiometabolic risk factors were computed as the value recorded in 2007 minus the value recorded in 2001. Continuous and categorical variables were summarized as mean \pm standard deviation (SD) or percentages respectively. Multivariate generalized linear models (expressed as beta with 95% confidence intervals (CI) and p-values) were computed to determine the cross-sectional associations between leisure-time sedentary behaviours and cardiometabolic risk factors at baseline, the associations between changes in leisure-time sedentary behaviours with changes in cardiometabolic risk factors

over follow-up, and the corresponding associations between baseline sedentary behaviours (or cardiometabolic risk factors) with changes in cardiometabolic risk factors (or sedentary behaviours) at follow-up. Linearity was assessed using continuous and quartiles of sedentary behaviours in multivariate analyses. We initially identified potential confounding factors in models through bivariate analyses and existing literature. Covariables included age, sex, educational level, smoking status, time spent doing physically active work at baseline and time spent doing leisure-time physical activity at baseline. Models on BP, fasting blood glucose and triglyceride levels were additionally adjusted on BMI. Models on changes in sedentary behaviour or cardiometabolic risk factors were additionally adjusted on baseline corresponding levels. Multivariate logistic models (expressed as Odds Ratios (ORs) with 95% CI) were run to assess the associations between the baseline three leisure-time sedentary behaviours (TV watching, computer use and reading in h/week) and the metabolic syndrome at baseline and at follow-up (after excluding participants who developed the metabolic syndrome at baseline). Models were constructed independently, and consequently were not adjusted on other sedentary behaviours. Considering the three sedentary behaviours as independent variable and the ten cardiometabolic factors as dependent variable, no consistent interaction on age or sex was found in cross-sectional analyses at baseline. Participants with outcome-specific medication were excluded from the analyses. All statistical analyses were performed using SAS software (version 9.3, SAS Institute Inc, Cary, NC, USA).

Results

Comparisons between participants included and not included in the analyses

Compared to participants examined in 2007 (SU.VI.MAX 2 study) but not included in the present analyses, our study sample comprised more men (52.1% vs. 42.8%, $p < 0.001$), fewer participants with a university education level (35.9% vs. 46.0%, $p < 0.001$); included individuals had a greater mean BMI (24.2 kg/m² vs. 23.9 kg/m², $p = 0.004$) and were slightly older (58.5 y vs. 55.5 y, $p < 0.001$).

Descriptive characteristics of the study population

The mean age (SD) in 2001 was 55.5 (4.9) years (Table 1). Thirty six percent of the sample had a university or equivalent degree. All three leisure-time sedentary behaviours significantly increased during follow-up, the greatest increase being in computer use (3.2 h/week). Anthropometric indicators and percent fat mass increased during follow-up (all

$p < 0.001$), as did concentrations of fasting blood glucose, triglycerides and LDL-cholesterol; a decrease in HDL-cholesterol was also observed (all $p < 0.01$). The baseline frequency of the metabolic syndrome was 10.1% and 13.2% using either the NCEP-ATPIII or the IDF definition, and 12.9% and 21.8% at follow-up.

Multivariate associations between sedentary behaviour domains and cardiometabolic risk factors

Higher TV viewing time was associated with higher value in all cardiometabolic risk factors under study, except HDL and LDL-cholesterol (Table 2). The 6-year increase in time spent watching TV was associated with increasing changes in BMI and percent fat mass ($p < 0.01$), the association with change in WC being marginally significant ($p = 0.06$). Baseline values of BMI, percent fat mass and WC were positively associated with changes in time spent TV viewing ($p = 0.04$, $p = 0.01$ and $p < 0.001$ respectively).

Also, computer use was positively associated with anthropometric variables and percent fat mass (all $p < 0.001$), triglycerides ($p = 0.009$) and LDL-cholesterol ($p < 0.001$) (Table 3).

The 6-year increase in time spent using the computer was associated with increasing changes in WC ($p = 0.02$) and DBP ($p = 0.01$). Baseline value of BMI and WC were positively associated with changes in time spent using the computer ($p = 0.01$ and $p = 0.02$, respectively).

Finally, one-hour higher reading time was associated with higher anthropometric indicators and percent fat mass (all $p < 0.02$) (Table 4). The 6-year increase in the time spent in reading was marginally related to a decrease in HDL-cholesterol level ($p = 0.06$). Neither anthropometric indicators nor percent fat mass in 2001 were associated with change in time spent in reading between 2007 and 2001.

Sensitivity analyses with all sedentary behaviours in the same model showed similar results (data not shown). Models adjusted on age and sex only are presented in Supplementary table 1. Additionally, we performed sensitivity analyses in which models were adjusted on change of physical activity covariates instead of baseline values in the Supplementary table 2.

Association between specific sedentary behaviour domains and the metabolic syndrome

In cross-sectional analyses, higher TV viewing time was associated with higher odds of metabolic syndrome, whatever the definition used (NCEP-ATPIII definition: OR=1.032, 95% CI: 1.014-1.048 $p = 0.003$; IDF definition: OR=1.029, 95% CI: 1.021-1.048 $p < 0.001$); also,

higher computer use was positively associated with higher frequency of the NCEP-ATPIII metabolic syndrome definition (OR=1.041, 95% CI: 1.010-1.074 $p<0.001$) but not with the IDF metabolic syndrome definition (OR=1.010, 95% CI: 0.987-1.039 $p=0.31$). Finally, reading was not associated with the metabolic syndrome either defined by the NCEP-ATPIII or the IDF criteria (OR=1.019, 95% CI: 0.997-1.051 $p=0.06$ and OR=1.010, 95% CI: 0.984-1.388 $p=0.12$ respectively).

In longitudinal analyses, higher baseline time spent watching TV was associated with increasing odds of developing the metabolic syndrome using IDF definition (OR=1.024, 95% CI: 1.004-1.033, $p=0.02$) and marginally for NCEP-ATPIII definition (OR=1.031, 95% CI: 0.998-1.060, $p=0.07$) (Figure 1). In contrast, there was no association between time spent using the computer in 2001 and odds of developing a metabolic syndrome. Finally, a higher time spent in reading in 2001 was associated with an increase in the risk of developing the metabolic syndrome when defined by the NCEP-ATPIII (OR=1.032, 95% CI: 1.002-1.065, $p=0.04$), but not the IDF definition.

Discussion

This study showed that a 1-h higher TV watching or reading time per week was associated with a 6-year 2 to 3 % significant increase in the odds of developing a metabolic syndrome, while computer use did not increase the risk of developing the metabolic syndrome. These associations were independent of age, sex, educational level, smoking status, time spent doing physically active work and time spent doing leisure-time physical activity.

Sedentary behaviours and metabolic syndrome

These findings extend the results of a previous report documenting cross-sectional associations between screen-based time and the metabolic syndrome in the same cohort [24]. They also bring new insights on the scientific knowledge linking objective measures of sedentary behaviours with the metabolic syndrome by defining, through self-report, the domains of sedentary behaviour on which it may be possible to leverage for prevention. To our knowledge, there is no study assessing the association between objective or subjective measures of different sedentary behaviours and the metabolic syndrome in a prospective design. Gennuso et al. found in a cross-sectional analysis of 5,000 US adults, a linear dose-response association between sedentary behaviour measured using ActiGraph accelerometers,

an objective method, and the metabolic syndrome [25]. They reported that 1-h higher sedentary behaviour increased the odds of the metabolic syndrome by 9%. The different magnitudes of the association between sedentary behaviours and the metabolic syndrome found by studies with objective assessments of sedentary behaviours and in our study could be explained by the different study designs and variable categorizations [26]. It could also be attributed to the imprecision inherent to subjective measures of sedentary behaviour, due both to the restriction of the measure to specific domains of sedentary behaviours and to the imprecision of the measure instrument.

Imprecise measurement of sedentary variables can lead to a diminution of the apparent effects of activity on health-related outcomes due to regression dilution bias [27]. It is therefore conceivable that the apparent effects of sedentary behaviour on risk for cardiometabolic risk factors or the metabolic syndrome are attenuated when the activity variables are assessed using relatively imprecise self-report questionnaires, compared to when activity is assessed by objective techniques such as accelerometry. However, only associations between self-reported measures of sedentary behaviours and cardiometabolic risk factors are able to provide information regarding the type and context of activities, which is useful to design relevant intervention or policy.

Influences of TV and computer on cardiometabolic risk factors

As in this study, sedentary behaviours (assessed objectively or by questionnaire) have been related to cardiometabolic risk factors in several cross-sectional studies [10,12,28,29], adding scientific plausibility to our results concerning the metabolic syndrome.

Although computer use was not a risk factor for odds of developing a metabolic syndrome, we found in cross-sectional analyses that computer use was detrimental associated with BMI, WC, percent fat mass, triglycerides and LDL-cholesterol. It is questionable whether the differential association between TV viewing, computer use and the metabolic syndrome is due to the fact that both screen times act differently on the human physiology, or that the association between computer use and the odds of developing a metabolic syndrome was not found because of statistical power. In our study, the participants spent 6.5 fold more time in watching TV than in using their computer, and 2.4h/week of computer use may not be enough to have detrimental physiological impact. Finally, it has been shown that TV viewing was associated with greater food intake, poor diet and sleep disturbance [9,30]. These behaviours could hypothetically be more important when watching TV than when using a computer.

In this study, we showed that increasing one hour per day of TV viewing time over 6 years was significantly associated with unfavorable changes in BMI (+0.14kg/m²), WC (+0.28 cm) and body fat mass (+0.28%). Our results confirm the knowledge from cross-sectional studies, extending it to longitudinal designs. Such results, in which change in the exposure variable is modelled against change in the dependent variable, may be less prone to confounding than are conventional cross-sectional association models, and thus, their use would strengthen the evidence of causality. The reason for this is that, for confounding to persist in a change model, it is necessary that the confounder(s) change in a way similar to that of the exposure over time. However, the statistical model does not provide stronger inference of the association than does a cross-sectional model. Only one study has reported on the relations between changes in sedentary behaviours and changes in cardiometabolic risk factors in ageing population [13]. Wijndaele et al. used a sample of 3,846 Australian adults and found significant positive associations over 5 years between changes in time spent watching TV with changes in WC across sex and with a composite metabolic score in women. Our results extend the finding of these authors to BMI and percent fat mass, and add more evidence to the idea that time spent watching TV can predict the onset of the metabolic syndrome several years later.

Potential reverse associations

On the other hand, we found that baseline value of BMI, percent fat mass and WC could predict the changes of screen time (time watching TV or dedicated to computer use) sedentary behaviours. These observations are consistent with findings from previous studies that have reported that measures of body weight and composition were prospectively associated with sitting time [14], having a sedentary lifestyle [31] and reduced physical activity levels [32,33]. Ekelund et al. first questioned several years ago the temporality of the association between sedentary behaviour and cardiometabolic risk factors [14]. They observed that after adjustment for covariates, baseline sedentary time was not predictive of changes in body weight, BMI, fat mass, or WC at follow-up. However, when the adiposity outcomes were modelled as exposure variables, all four independently predicted sitting time at follow-up. In the same study, changes in body weight, BMI, and fat mass between baseline and follow-up were also predictive of sitting time at follow-up. The association between sedentary behaviour and cardiometabolic risk factors is of public health importance. Therefore, future longitudinal studies including multiple, repeated, precise measurements of sedentary behaviour and outcomes from early age (before the amount of fat accumulated may hinder physical activity)

are more likely to be able to address the issue of bidirectional or reverse causality. It is unlikely that randomized controlled trials can address the issue of the causality because of the long duration of follow-up required and the potential ethical issues surrounding the conduct of such a trial. From a public health pragmatic perspective, these data suggest that interventions should focus on reducing sedentary behaviours as much as control of body weight and body fat, in order to break a kind of “vicious circle” between these factors over time.

Sedentary behaviours and biological risk factors

Our longitudinal analyses did not pinpoint consistent associations between leisure-time sedentary behaviours and biological risk factors. While not fully clarified, previous experimental studies have shown that physiological pathways might be mediated by sedentary behaviours, implying the regulation of lipoprotein lipase and insulin resistance, independently of physical activity levels [1,8]. However, the observed longitudinal association between TV viewing and anthropometric indicators (but not with biological risk factors) raises the question of causality between TV, anthropometric indicators and biological risk factors, which may be different from a starting point to long-term association.

Limitations

Some limitations of this study need to be mentioned. Measurements of sedentary behaviours and physical activity were both derived from self-report questionnaires. Such questionnaires are easy to administer, inexpensive and do not alter habitual behaviour, making them well suited to large-scale investigations. However, activity information derived from self-report is potentially subject to response bias (e.g. imprecise recall, influence of social desirability), which can mask or distort the true underlying relationship between activity and health [34]. Sedentary behaviours, clinical and biological evaluations were not assessed at the exact same time points during follow-up. However, the MAQ was designed to represent past year sedentary behaviours and physical activity. Consequently, we considered that behaviours were stable throughout the period when clinical and biological evaluations were performed. The absence of dietary information in our models represents another limitation. Additionally, we did not have further information on sedentary behaviour variation between 2001 and 2007. However, there is no reason that fluctuations between the two time points were in one direction or the other. In this study, according to the numerous variables of interest and the

four types of analyses, we performed a high number of multivariate models, allowing a non-negligible risk of significant results due to chance. Additionally, dichotomizing the metabolic syndrome component from cardiometabolic factors lead to loss of information, including the variation of outcome or the non-linearity of associations [35]. Our subjects were volunteers participating in an intervention study. Therefore, they generally have higher educational level and occupational status, along with a healthier lifestyle than the general population [18]. For these reasons extrapolation of these findings to other populations must be done cautiously.

Conclusion

In conclusion, we found that, among several other sedentary occupations, time spent watching TV predicted the onset of the metabolic syndrome 6 years later in an ageing population, with a 2-3% average increase of odds of metabolic syndrome for each additional TV hour per week. A similar trend was observed for time spent reading. We also showed concomitant longitudinal associations between time spent watching TV and anthropometric indicators, adding evidence to the emerging concept that cardiometabolic risk factors may influence longitudinally the sedentary behaviours. This new knowledge highlights the need of a more detailed evaluation of sedentary behaviours in order to design effective interventions for cardiometabolic prevention in ageing populations.

Acknowledgements and Funding

Author Contributions: M.M. contributed discussion, wrote manuscript. H.C. contributed to discussion, reviewed/edited manuscript. E.K.G. researched data, reviewed/edited manuscript. V.A.A. contributed to discussion, reviewed/edited manuscript. S.H. researched data, reviewed/edited manuscript. P.G. researched data, reviewed/edited manuscript. J-M. O. contributed to discussion, reviewed/edited manuscript. L.K.F. contributed to discussion, reviewed/edited manuscript.

L.K.F. and M.M. take the full responsibility for the content of this article.

This work was funded by the French National Research Agency (ANR-05-PNRA-010), the French National Cancer Institute (INCa 2011-1-PL-SHS-10), the French Ministry of Health, Mederic, Sodexo, Ipsen, MGEN and Pierre Fabre. Mederic and MGEN are French health insurance organizations, which are complementary to the National Health Insurance System. Ipsen and Pierre Fabre are private pharmaceutical companies. Sodexo, a food catering

company, supported the study by organizing meetings between researchers and study participants. They financially supported the overall implementation of the research project. The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

Part of the work was funded by the Compalimage Project (ANR-05-PNRA 010; coordinator, S Hercberg). This work is also part of the ACTI-Cités (Activité physique, transport actif et environnement de vie urbain) project. ACTI-Cités is a project supported by the French National Cancer Institute (Institut National du Cancer, INCa 2011-1-PL-SHS-10, coordinator JM Oppert). The authors thank Younes Esseddik, Paul Flanzky, Mohand Ait Oufella, Yasmina Chelghoum, and Than Duong Van (computer scientists), Florence Charpentier (dietitian), Nathalie Arnault, Véronique Gourlet, Fabien Szabo, Laurent Bourhis, and Stephen Besseau (statisticians), and Rachida Mehroug (logistics assistant) for their technical contribution to the SU.VI.MAX study. We also thank the participants in this cohort. A research grant from Fondation Le Roch - Les Mousquetaires is gratefully acknowledged.

Conflict of interest

None

References

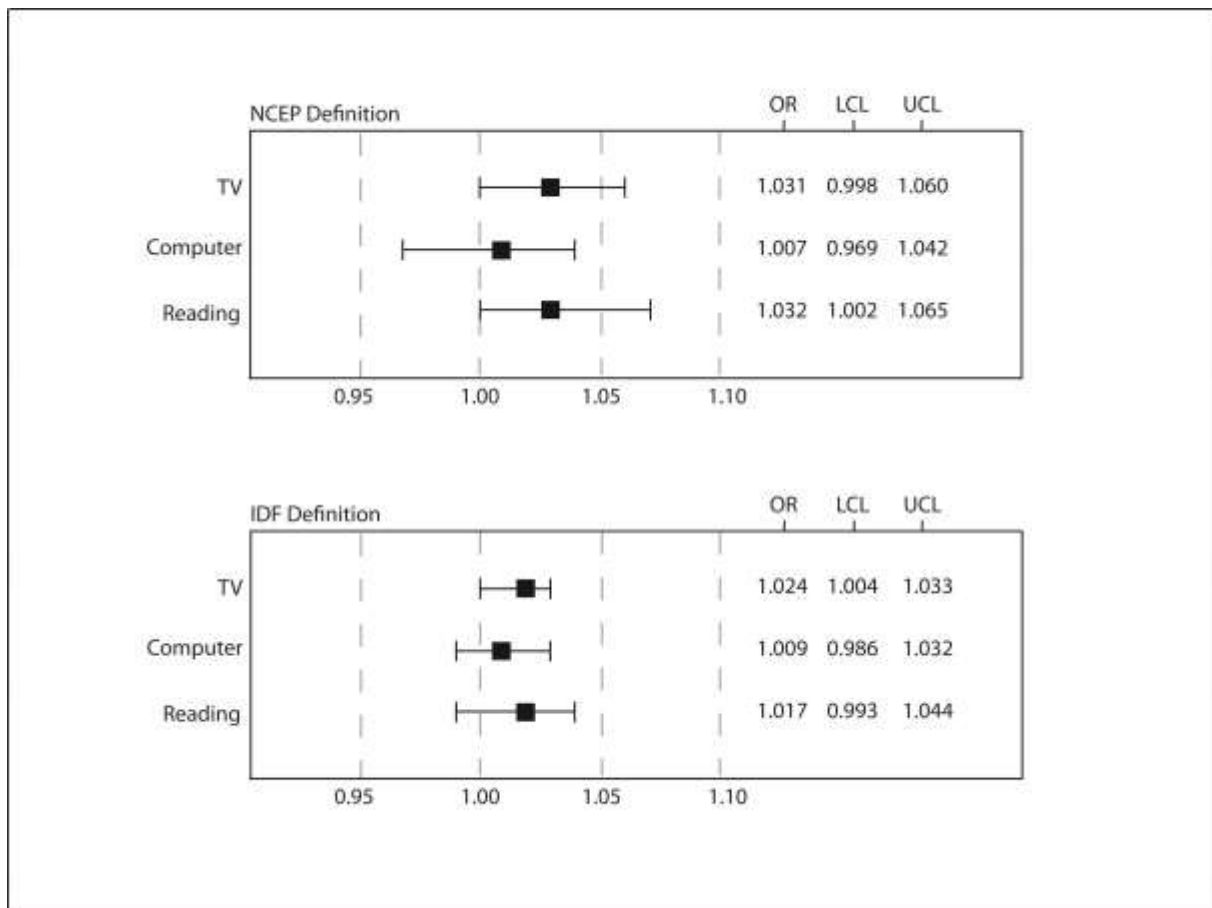
- [1] Hamilton MT, Hamilton DG, Zderic TW. Role of low energy expenditure and sitting in obesity, metabolic syndrome, type 2 diabetes, and cardiovascular disease. *Diabetes*. 2007;56(11):2655-67.
- [2] Owen N, Sparling PB, Healy GN, Dunstan DW, Matthews CE. Sedentary behavior: emerging evidence for a new health risk. *Mayo Clin Proc*. 2010;85(12):1138-41.
- [3] Sedentary Behaviour Research N. Letter to the editor: standardized use of the terms "sedentary" and "sedentary behaviours". *Appl Physiol Nutr Metab*. 2012;37(3):540-2.
- [4] Atkin AJ, Gorely T, Clemes SA, Yates T, Edwardson C, Brage S, et al. Methods of Measurement in epidemiology: sedentary Behaviour. *Int J Epidemiol*. 2012;41(5):1460-71.
- [5] Ng SW, Popkin BM. Time use and physical activity: a shift away from movement across the globe. *Obes Rev*. 2012;13(8):659-80.
- [6] de Rezende LF, Rodrigues Lopes M, Rey-Lopez JP, Matsudo VK, Luiz Odo C. Sedentary behavior and health outcomes: an overview of systematic reviews. *PLoS One*. 2014;9(8):e105620.

- [7] Altenburg TM, Singh AS, van Mechelen W, Brug J, Chinapaw MJ. Direction of the association between body fatness and self-reported screen time in Dutch adolescents. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2012;9:4.
- [8] Bergouignan A, Rudwill F, Simon C, Blanc S. Physical inactivity as the culprit of metabolic inflexibility: evidence from bed-rest studies. *J Appl Physiol* (1985). 2011;111(4):1201-10.
- [9] Chapman CD, Benedict C, Brooks SJ, Schioth HB. Lifestyle determinants of the drive to eat: a meta-analysis. *Am J Clin Nutr.* 2012;96(3):492-7.
- [10] Dunstan DW, Salmon J, Owen N, Armstrong T, Zimmet PZ, Welborn TA, et al. Associations of TV viewing and physical activity with the metabolic syndrome in Australian adults. *Diabetologia.* 2005;48(11):2254-61.
- [11] Eckel RH, Kahn R, Robertson RM, Rizza RA. Preventing cardiovascular disease and diabetes: a call to action from the American Diabetes Association and the American Heart Association. *Circulation.* 2006;113(25):2943-6.
- [12] Gao X, Nelson ME, Tucker KL. Television viewing is associated with prevalence of metabolic syndrome in Hispanic elders. *Diabetes Care.* 2007;30(3):694-700.
- [13] Wijndaele K, Healy GN, Dunstan DW, Barnett AG, Salmon J, Shaw JE, et al. Increased cardiometabolic risk is associated with increased TV viewing time. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42(8):1511-8.
- [14] Ekelund U, Brage S, Besson H, Sharp S, Wareham NJ. Time spent being sedentary and weight gain in healthy adults: reverse or bidirectional causality? *Am J Clin Nutr.* 2008;88(3):612-7.
- [15] Pulsford RM, Stamatakis E, Britton AR, Brunner EJ, Hillsdon MM. Sitting behavior and obesity: evidence from the Whitehall II study. *Am J Prev Med.* 2013;44(2):132-8.
- [16] Hallal PC, Reichert FF, Ekelund U, Dumith SC, Menezes AM, Victora CG, et al. Bidirectional cross-sectional and prospective associations between physical activity and body composition in adolescence: birth cohort study. *J Sports Sci.* 2012;30(2):183-90.
- [17] Hercberg S, Preziosi P, Briancon S, Galan P, Triol I, Malvy D, et al. A primary prevention trial using nutritional doses of antioxidant vitamins and minerals in cardiovascular diseases and cancers in a general population: the SU.VI.MAX study--design, methods, and participant characteristics. *Supplementation en Vitamines et Mineraux Antioxydants. Control Clin Trials.* 1998;19(4):336-51.

- [18] Hercberg S, Galan P, Preziosi P, Bertrais S, Mennen L, Malvy D, et al. The SU.VI.MAX Study: a randomized, placebo-controlled trial of the health effects of antioxidant vitamins and minerals. *Arch Intern Med.* 2004;164(21):2335-42.
- [19] Vuillemin A, Oppert JM, Guillemin F, Essermeant L, Fontvieille AM, Galan P, et al. Self-administered questionnaire compared with interview to assess past-year physical activity. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(6):1119-24.
- [20] Kriska AM, Knowler WC, LaPorte RE, Drash AL, Wing RR, Blair SN, et al. Development of questionnaire to examine relationship of physical activity and diabetes in Pima Indians. *Diabetes Care.* 1990;13(4):401-11.
- [21] Pereira MA, FitzerGerald SJ, Gregg EW, Joswiak ML, Ryan WJ, Suminski RR, et al. A collection of Physical Activity Questionnaires for health-related research. *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29(6 Suppl):S1-205.
- [22] Grundy SM, Cleeman JI, Daniels SR, Donato KA, Eckel RH, Franklin BA, et al. Diagnosis and management of the metabolic syndrome: an American Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute Scientific Statement. *Circulation.* 2005;112(17):2735-52.
- [23] Alberti KG, Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ, Cleeman JI, Donato KA, et al. Harmonizing the metabolic syndrome: a joint interim statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity. *Circulation.* 2009;120(16):1640-5.
- [24] Bertrais S, Beyeme-Ondoua JP, Czernichow S, Galan P, Hercberg S, Oppert JM. Sedentary behaviors, physical activity, and metabolic syndrome in middle-aged French subjects. *Obes Res.* 2005;13(5):936-44.
- [25] Gennuso KP, Gangnon RE, Thraen-Borowski KM, Colbert LH. Dose-response relationships between sedentary behaviour and the metabolic syndrome and its components. *Diabetologia.* 2015;58(3):485-92.
- [26] Greer AE, Sui X, Maslow AL, Greer BK, Blair SN. The effects of sedentary behavior on metabolic syndrome independent of physical activity and cardiorespiratory fitness. *J Phys Act Health.* 2015;12(1):68-73.
- [27] Frost C, Simon GT. Correcting for Regression Dilution Bias: Comparison of Methods for a Single Predictor Variable. *Journal of the Royal Statistical Society Series A (Statistics in Society).* 2000;163(2):173-89.

- [28] Ford ES, Kohl HW, 3rd, Mokdad AH, Ajani UA. Sedentary behavior, physical activity, and the metabolic syndrome among U.S. adults. *Obes Res.* 2005;13(3):608-14.
- [29] Lahjibi E, Heude B, Dekker JM, Hojlund K, Laville M, Nolan J, et al. Impact of objectively measured sedentary behaviour on changes in insulin resistance and secretion over 3 years in the RISC study: interaction with weight gain. *Diabetes Metab.* 2013;39(3):217-25.
- [30] Braude L, Stevenson RJ. Watching television while eating increases energy intake. Examining the mechanisms in female participants. *Appetite.* 2014;76:9-16.
- [31] Mortensen LH, Siegler IC, Barefoot JC, Gronbaek M, Sorensen TI. Prospective associations between sedentary lifestyle and BMI in midlife. *Obesity (Silver Spring).* 2006;14(8):1462-71.
- [32] Golubic R, Ekelund U, Wijndaele K, Luben R, Khaw KT, Wareham NJ, et al. Rate of weight gain predicts change in physical activity levels: a longitudinal analysis of the EPIC-Norfolk cohort. *Int J Obes (Lond).* 2013;37(3):404-9.
- [33] Lakerveld J, Dunstan D, Bot S, Salmon J, Dekker J, Nijpels G, et al. Abdominal obesity, TV-viewing time and prospective declines in physical activity. *Prev Med.* 2011;53(4-5):299-302.
- [34] Terwee CB, Mokkink LB, van Poppel MN, Chinapaw MJ, van Mechelen W, de Vet HC. Qualitative attributes and measurement properties of physical activity questionnaires: a checklist. *Sports Med.* 2010;40(7):525-37.
- [35] Altman DG, Royston P. The cost of dichotomising continuous variables. *Bmj.* 2006;332(7549):1080.

Figure 1 – Odds ratios (95% CI) for the association between one-hour increase in time spent in leisure-time sedentary behaviours at baseline (h/week) and the incidence of the metabolic syndrome at the end of the follow-up, according to the NCEP-ATPIII and IDF definitions



Models were adjusted for age, sex, educational level, smoking status, time spent doing physically active work in 2001, time spent doing leisure-time physical activity in 2001. LCL: lower boundary 95% confidence interval, UCL: upper boundary 95% confidence interval. Participants presenting the metabolic syndrome at baseline were excluded from analyses. Significativity levels for the NCEP definition were $p=0.07$ for TV, $p=0.21$ for computer and $p=0.04$ for reading. Significativity levels for the IDF definition were $p=0.02$ for TV, $p=0.37$ for computer and $p=0.28$ for reading.

Table 1 – Characteristics [means (SD) or percentages (n)] of the study population (n=2,517) in 2001 and changes between 2001 and 2007

Characteristics	2001	Change (2007-2001)	2007	p*
Age in years	55.5 (4.9)			
Men	52.1 (1,311)			
Educational level**				
Primary school (16 years old)	22.3 (561)			
High school (19 years old)	41.8 (1,052)			
University or equivalent	35.9 (904)			
Smoking status				
Never smoke	46.2 (1,163)			
Former smoker	42.0 (1,057)			
Current smoker	11.8 (297)			
Employed	40.6 (1022)	-31.8 (-799)	8.8 (221)	<0.001
Physical activity in h/week				
Leisure	4.9 (5.50)	1.0 (0.12)	5.9 (5.60)	<0.001
Occupational	7.7 (12.67)	-5.8 (0.23)	1.9 (7.12)	<0.001
Sedentary behaviours in h/week				
TV	15.6 (8.8)	1.9 (0.15)	17.5 (9.7)	<0.001
Computer	2.4 (4.5)	3.2 (0.13)	5.6 (7.1)	<0.001
Reading	7.8 (5.4)	0.7 (0.13)	8.5 (6.5)	<0.001
Metabolic syndrome				
NCEP	10.1 (160)	2.8 (44)	12.9 (204)	0.003
IDF	13.2 (209)	8.6 (136)	21.8 (345)	<0.001
Cardiometabolic risk factors [†]				
BMI in kg/m ²	24.9 (3.6)	0.56 (0.03)	25.5 (3.8)	<0.001
Percent fat mass	27.7 (7.4)	0.8 (0.1)	28.5 (7.5)	<0.001
Waist circumference in cm	84.8 (11.6)	3.5 (0.1)	88.3 (11.7)	<0.001

SBP in mmHg	132 (15)	-0.3 (0.4)	132 (16)	0.35
DBP in mmHg	83 (9)	-3.5 (0.2)	80 (10)	<0.001
Pulse pressure in mm Hg	49 (11)	2.13 (0.27)	51 (11)	<0.001
Fasting blood glucose in mmol/L	5.1 (0.7)	0.22 (0.02)	5.3 (0.8)	<0.001
Triglycerides in mmol/L	1.09 (0.58)	0.03 (0.01)	1.12 (0.51)	0.01
HDL-cholesterol in mmol/L	1.61 (0.42)	-0.03 (0.01)	1.57 (0.38)	<0.001
LDL-cholesterol in mmol/L	3.58 (0.82)	0.10 (0.02)	3.67 (0.84)	<0.001

*: p from paired student t test or for McNemar's chi-square test

†: Cardiometabolic risk factors were not measured for all the participants at the follow-up visit. Therefore, sample sizes for each risk factor for participants with the two measures were: BMI=2,287; percent fat mass =2,209; waist circumference=1,864; SBP=1,866; DBP=1,866; pulse pressure=1,866; fasting blood glucose=1,639; triglycerides=1,640; HDL-cholesterol=1,636; LDL-cholesterol=1,636. BMI: body mass index; SBP: systolic blood pressure; BDP: diastolic blood pressure; HDL: high density lipoproteins; LDL: low density lipoproteins;

** : In France, actual age at finishing education: 16 years for primary school, 19 years for high school, 23-24 years for a master degree.

Table 2 – Cross-sectional and longitudinal associations* between TV watching cardiometabolic risk factors

		TV**			
		Baseline β (95% CI)	p	Changes β (95% CI)	p
BMI (kg/m ²)	Baseline	0.06 (0.04-0.07)	<0.001	0.01 (0.002-0.02)	0.04
	Changes	0.004 (-0.004-0.01)	0.31	0.02 (0.01-0.03)	0.001
Percent fat mass	Baseline	0.09 (0.07-0.12)	<0.001	0.03 (0.02-0.04)	0.01
	Changes	0.01 (-0.0002-0.02)	0.07	0.04 (0.02-0.05)	<0.001
Waist circumference (cm)	Baseline	0.17 (0.12-0.21)	<0.001	0.08 (0.04-0.11)	<0.001
	Changes	0.02 (-0.01-0.04)	0.28	0.04 (-0.01-0.09)	0.06
SBP (mm Hg)	Baseline	0.13 (0.05-0.20)	0.001	0.11 (0.07-0.14)	0.01
	Changes	0.01 (-0.04-0.06)	0.91	-0.04 (-0.09-0.01)	0.52
DBP (mm Hg)	Baseline	0.06 (0.01-0.11)	0.01	0.05 (0.004-0.09)	0.05
	Changes	0.05 (-0.01-0.10)	0.10	0.01 (-0.06-0.08)	0.71
Pulse pressure (mm Hg)	Baseline	0.07 (0.01-0.12)	0.02	0.06 (-0.06-0.07)	0.06
	Changes	-0.03 (-0.09-0.04)	0.42	-0.05 (-0.12-0.02)	0.27
Fasting blood glucose (mmol/L)	Baseline	0.002 (0.001-0.01)	0.01	0.03 (-0.003-0.004)	0.09
	Changes	0.003 (-0.002-0.01)	0.13	-0.001 (-0.01-0.01)	0.67
Triglycerides (mmol/L)	Baseline	0.004 (0.002-0.01)	0.003	0.004 (0.002-0.005)	0.03
	Changes	0.001 (-0.01-0.002)	0.19	0.0001 (-0.001-0.01)	0.99
HDL-cholesterol (mmol/L)	Baseline	-0.002 (-0.004-0.001)	0.07	-0.001 (-0.001-0.003)	0.25
	Changes	0.000 (-0.001-0.002)	0.96	-0.002 (-0.004--0.001)	0.02
LDL-cholesterol (mmol/L)	Baseline	0.004 (-0.001-0.01)	0.09	0.001 (-0.01-0.002)	0.74
	Changes	-4.10 ⁻⁴ (-0.01-0.004)	0.44	0.01 (0.001-0.02)	0.04

*: Models were adjusted for age, sex, educational level, smoking status, time spent doing physically active work in 2001, time spent doing leisure time physical activity in 2001 and BMI for non-anthropometric outcomes. Participants reporting specific medication were excluded from analysis.

** : in hour per week. BMI: body mass index. SBP: systolic blood pressure. BDP: diastolic blood pressure. HDL: high density lipoproteins. LDL: low density lipoproteins.

Table 3 – Cross-sectional and longitudinal associations* between using a computer and cardiometabolic risk factors

		Computer**			
		Baseline		Changes	
		β (95% CI)	p	β (95% CI)	p
BMI (kg/m ²)	Baseline	0.08 (0.05-0.10)	<0.001	0.02 (0.01-0.03)	0.01
	Changes	-0.001 (-0.01-0.01)	0.91	0.01 (-0.01-0.02)	0.28
Percent fat mass	Baseline	0.12 (0.01-0.17)	<0.001	0.03 (-0.03-0.04)	0.18
	Changes	-0.01 (-0.001-0.0001)	0.65	0.01 (-0.0002-0.12)	0.60
Waist circumference (cm)	Baseline	0.20 (0.12-0.29)	<0.001	0.09 (0.05-0.12)	0.02
	Changes	-0.02 (-0.09-0.02)	0.50	0.05 (0.02-0.07)	0.02
SBP (mm Hg)	Baseline	0.05 (-0.10-0.20)	0.52	-0.01 (-0.15-0.05)	0.93
	Changes	-0.10 (-0.24-0.04)	0.30	0.10 (-0.02-0.21)	0.09
DBP (mm Hg)	Baseline	0.02 (-0.08-0.11)	0.71	-0.04 (-0.08-0.05)	0.45
	Changes	-0.02 (-0.10-0.11)	0.77	0.10 (0.02-0.19)	0.01
Pulse pressure (mm Hg)	Baseline	0.03 (-0.08-0.14)	0.58	0.03 (-0.11-0.04)	0.61
	Changes	-0.09 (-0.22-0.04)	0.20	-0.001 (-0.10-0.08)	0.98
Fasting blood glucose (mmol/L)	Baseline	0.002 (-0.003-0.01)	0.39	0.002 (-0.003-0.004)	0.50
	Changes	-0.000 (-0.01-0.01)	0.91	0.000 (-0.004-0.004)	0.92
Triglycerides (mmol/L)	Baseline	0.01 (0.002-0.01)	0.009	0.004 (0.001-0.01)	0.02
	Changes	0.002 (-0.01-0.01)	0.17	0.000 (-0.01-0.002)	0.92
HDL-cholesterol (mmol/L)	Baseline	-0.002 (-0.01-0.001)	0.20	-0.002 (-0.001-0.004)	0.36
	Changes	0.000 (-0.003-0.003)	0.97	-0.001 (-0.003-0.001)	0.22
LDL-cholesterol (mmol/L)	Baseline	0.02 (0.01-0.02)	<0.001	0.02 (0.01-0.03)	0.002
	Changes	-0.002 (-0.01-0.01)	0.67	-0.000 (-0.01-0.01)	0.92

*: Models were adjusted for age, sex, educational level, smoking status, time spent doing physically active work in 2001, time spent doing leisure time physical activity in 2001 and BMI for non-anthropometric outcomes. Participants reporting specific medication were excluded from analysis.

***: in hour per week. BMI: body mass index. SBP: systolic blood pressure. BDP: diastolic blood pressure. HDL: high density lipoproteins. LDL: low density lipoproteins.

Table 4 – Cross-sectional and longitudinal associations* between reading and cardiometabolic risk factors

		Reading**			
		Baseline β (95% CI)	p	Changes β (95% CI)	p
BMI (kg/m ²)	Baseline	0.04 (0.01-0.06)	0.003	-0.000 (-0.02-0.02)	0.96
	Changes	-0.01 (-0.02-0.002)	0.09	-0.000 (-0.01-0.01)	0.97
Percent fat mass	Baseline	0.07 (0.03-0.11)	0.002	0.01 (-0.05-0.02)	0.77
	Changes	-0.001 (-0.0003-0.0002)	0.94	-0.001 (-0.02-0.02)	0.94
Waist circumference (cm)	Baseline	0.09 (0.02-0.16)	0.014	0.02 (-0.04-0.09)	0.55
	Changes	-0.03 (-0.08-0.02)	0.20	-0.01 (-0.06-0.03)	0.77
SBP (mm Hg)	Baseline	0.09 (-0.09-0.16)	0.55	0.08 (-0.07-0.14)	0.27
	Changes	0.05 (-0.10-0.24)	0.47	0.01 (-0.11-0.11)	0.84
DBP (mm Hg)	Baseline	0.01 (-0.07-0.09)	0.79	0.03 (-0.06-0.07)	0.47
	Changes	0.02 (-0.05-0.09)	0.72	0.05 (-0.04-0.13)	0.31
Pulse pressure (mm Hg)	Baseline	0.03 (-0.06-0.12)	0.56	0.05 (-0.04-0.11)	0.38
	Changes	0.05 (-0.04-0.13)	0.39	-0.03 (-0.10-0.05)	0.54
Fasting blood glucose (mmol/L)	Baseline	-0.003 (-0.01-0.001)	0.16	-0.001 (-0.002-0.01)	0.71
	Changes	0.002 (-0.002-0.01)	0.49	0.000 (-0.01-0.01)	0.94
Triglycerides (mmol/L)	Baseline	0.003 (-0.001-0.01)	0.15	0.004 (-0.01-0.002)	0.16
	Changes	-0.000 (-0.01-0.001)	0.81	-0.001 (-0.002-0.003)	0.57
HDL-cholesterol (mmol/L)	Baseline	0.001 (-0.002-0.004)	0.55	0.002 (-0.001-0.004)	0.28
	Changes	0.002 (-0.002-0.004)	0.13	-0.002 (-0.005-0.001)	0.06
LDL-cholesterol (mmol/L)	Baseline	0.003 (-0.004-0.01)	0.46	0.003 (-0.01-0.01)	0.54
	Changes	0.006 (-0.002-0.01)	0.07	-0.001 (-0.01-0.04)	0.83

*: Models were adjusted for age, sex, educational level, smoking status, time spent doing physically active work in 2001, time spent doing leisure time physical activity in 2001 and BMI for non-anthropometric outcomes. Participants reporting specific medication were excluded from analysis.

***: in hour per week. BMI: body mass index. SBP: systolic blood pressure. BDP: diastolic blood pressure. HDL: high density lipoproteins. LDL: low density lipoproteins.

Supplementary Table 1- Cross-sectional and longitudinal associations* between different leisure sedentary behaviours and cardiometabolic risk factors

		TV**				Computer**				Reading**			
		Baseline		Changes		Baseline		Changes		Baseline		Changes	
		β	P	β	P	β	P	β	P	β	P	β	P
BMI (kg/m ²)	Baseline	0.06 (0.04-0.07)	<0.0001	0.005 (-0.01-0.02)	0.58	0.08 (0.04-0.10)	<0.0001	0.01 (-0.01-0.03)	0.52	0.03 (0.01-0.06)	0.01	-0.002 (-0.02-0.02)	0.83
	Changes	0.01 (0.0005-0.01)	0.04	0.01 (0.003-0.02)	0.01	0.0001 (-0.01-0.02)	0.99	0.002 (-0.01-0.01)	0.68	-0.003 (-0.02-0.01)	0.56	-0.003 (-0.01-0.01)	0.50
Percent fat mass	Baseline	0.11 (0.10-0.13)	<0.0001	0.02 (-0.02-0.05)	0.17	0.11 (0.06-0.16)	<0.0001	0.01 (-0.02-0.06)	0.53	0.06 (0.03-0.11)	0.004	-0.01 (-0.05-0.03)	0.63
	Changes	0.004 (-0.01-0.02)	0.59	0.03 (0.02-0.05)	0.0001	0.02 (-0.01-0.03)	0.11	0.001 (-0.0003-0.001)	0.95	0.0004 (-0.01-0.02)	0.97	-0.002 (-0.004-0.0002)	0.64
Waist circumference (cm)	Baseline	0.18 (0.11-0.22)	<0.0001	0.02 (-0.03-0.08)	0.34	0.21 (0.10-0.28)	<0.0001	0.02 (-0.02-0.10)	0.48	0.09 (0.01-0.16)	0.01	0.03 (-0.04-0.10)	0.30
	Changes	0.02 (-0.01-0.05)	0.26	0.02 (-0.01-0.06)	0.18	-0.04 (-0.07-0.02)	0.14	0.02 (-0.03-0.05)	0.37	-0.04 (-0.09-0.01)	0.09	-0.02 (-0.05-0.03)	0.40
SBP (mm Hg)	Baseline	0.15 (0.08-0.23)	<0.0001	0.06 (-0.05-0.14)	0.11	0.09 (-0.05-0.24)	0.19	-0.04 (-0.14-0.03)	0.35	0.09 (-0.01-0.24)	0.09	0.03 (-0.04-0.11)	0.59
	Changes	-0.01 (-0.07-0.05)	0.80	-0.10 (-0.14- -0.03)	0.02	-0.06 (-0.14-0.02)	0.38	0.04 (-0.07-0.13)	0.40	0.0003 (-0.12-0.13)	0.99	-0.01 (-0.08-0.12)	0.86
DBP (mm Hg)	Baseline	0.08 (0.03-0.12)	0.001	0.03 (-0.03-0.08)	0.32	0.01 (-0.10-0.08)	0.77	-0.01 (-0.07-0.05)	0.72	0.04 (-0.03-0.13)	0.32	0.01 (-0.06-0.08)	0.67
	Changes	0.02 (-0.03-0.07)	0.37	-0.02 (-0.04-0.02)	0.39	0.01 (-0.02-0.02)	0.87	0.07 (0.01-0.12)	0.04	0.04 (-0.05-0.12)	0.31	-0.01 (-0.07-0.07)	0.79
Pulse pressure (mm Hg)	Baseline	0.08 (0.03-0.14)	0.002	0.04 (-0.02-0.09)	0.18	0.08 (-0.003-0.20)	0.12	-0.03 (-0.11-0.03)	0.32	0.06 (-0.02-0.16)	0.14	0.01 (-0.08-0.07)	0.75
	Changes	-0.03 (-0.09-0.01)	0.28	-0.07 (-0.13- -0.01)	0.03	-0.07 (-0.16-0.003)	0.21	-0.03 (-0.10-0.06)	0.50	-0.04 (-0.13-0.07)	0.39	0.001 (-0.06-0.11)	0.97
Fasting blood glucose (mmol/L)	Baseline	0.004 (0.001-0.01)	0.002	0.001 (-0.002-0.005)	0.68	0.003 (-0.003-0.01)	0.21	-0.0003 (-0.004-0.003)	0.87	-0.001 (-0.005-0.004)	0.59	0.002 (-0.003-0.005)	0.19
	Changes	0.002 (-0.001-0.01)	0.12	-0.002 (-0.01-0.002)	0.08	-0.001 (-0.01-0.003)	0.82	0.002 (-0.002-0.006)	0.42	0.005 (-0.003-0.01)	0.06	-0.002 (-0.003-0.01)	0.38
Triglycerides (mmol/L)	Baseline	0.004 (0.003-0.01)	<0.0001	0.001 (-0.002-0.01)	0.70	0.01 (0.001-0.01)	0.002	0.002 (-0.03-0.01)	0.41	0.01 (0.001-0.01)	0.01	-0.002 (-0.01-0.002)	0.45
	Changes	-0.002 (-0.004-0.002)	0.16	0.001 (-0.004-0.003)	0.44	-0.003 (-0.01-0.004)	0.29	-0.003 (-0.01-0.002)	0.11	-0.01 (-0.01- -0.001)	0.01	0.004 (-0.001-0.01)	0.07
HDL-cholesterol (mmol/L)	Baseline	-0.004 (-0.01- -0.002)	<0.0001	-0.0001 (-0.002-0.003)	0.92	-0.01 (-0.01- -0.002)	0.003	0.001 (-0.002-0.004)	0.34	-0.001 (-0.004-0.003)	0.37	0.001 (-0.002-0.004)	0.44
	Changes	0.001 (-0.001-0.002)	0.34	-0.002 (-0.004- -0.0002)	0.03	0.001 (-0.001-0.03)	0.60	0.001 (-0.003-0.001)	0.47	0.001 (-0.001-0.004)	0.27	-0.002 (-0.01- -0.001)	0.04

LDL-cholesterol (mmol/L)	Baseline	0.005 (0.001-0.01)	0.01	0.0001 (-0.01-0.004)	0.97	0.01 (0.002-0.02)	0.04	-0.002 (-0.01-0.002)	0.47	0.004 (-0.004-0.01)	0.23	0.001 (-0.004-0.01)	0.70
	Changes	-0.003 (-0.01-0.001)	0.09	0.001 (-0.003-0.01)	0.75	-0.01 (-0.01-0.001)	0.09	-0.005 (-0.01-0.0004)	0.09	-0.002 (-0.01-0.01)	0.53	-0.002 (-0.01-0.001)	0.56

*: Models were adjusted for age and sex. Participants reporting specific medication were excluded from analysis.

** : in hour per week. BMI: body mass index. SBP: systolic blood pressure. BDP: diastolic blood pressure. HDL: high density lipoproteins. LDL: low density lipoproteins.

Supplementary Table 2- Cross-sectional and longitudinal associations* between different leisure sedentary behaviours and cardiometabolic risk factors

		TV**				Computer**				Reading**			
		Baseline		Changes		Baseline		Changes		Baseline		Changes	
		β	p	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p
BMI (kg/m ²)	Baseline	0.05 (0.03-0.06)	<0.001	0.001 (-0.02-0.02)	0.94	0.08 (0.04-0.11)	<0.001	0.01 (-0.02-0.03)	0.67	0.03 (0.01-0.06)	0.02	0.01 (-0.02-0.03)	0.49
	Changes	0.003 (-0.005-0.01)	0.42	0.01 (0.01-0.02)	0.004	0.002 (-0.01-0.02)	0.82	0.002 (-0.01-0.01)	0.72	-0.01 (-0.02-0.001)	0.08	-0.001 (-0.01-0.01)	0.93
Percent fat mass	Baseline	0.09 (0.06-0.12)	<0.001	0.01 (-0.03-0.05)	0.65	0.12 (0.10-0.17)	0.001	0.01 (-0.03-0.06)	0.53	0.06 (0.01-0.11)	0.02	0.004 (-0.04-0.04)	0.84
	Changes	-0.003 (-0.02-0.01)	0.72	0.04 (0.02-0.06)	0.001	-0.02 (-0.06-0.01)	0.15	-0.01 (-0.03-0.02)	0.55	-0.01 (-0.04-0.02)	0.36	0.001 (-0.02-0.03)	0.94
Waist circumference (cm)	Baseline	0.16 (0.11-0.22)	<0.001	0.04 (-0.02-0.09)	0.39	0.22 (0.12-0.32)	<0.001	0.01 (-0.06-0.09)	0.76	0.07 (-0.02-0.16)	0.11	0.03 (-0.05-0.10)	0.51
	Changes	-0.01 (-0.05-0.02)	0.44	0.03 (-0.01-0.07)	0.17	-0.03 (-0.10-0.04)	0.37	0.04 (-0.01-0.09)	0.09	-0.05 (-0.11-0.01)	0.09	-0.01 (-0.06-0.04)	0.76
SBP (mm Hg)	Baseline	0.13 (0.04-0.22)	0.007	0.002 (-0.11-0.12)	0.97	-0.02 (-0.20-0.16)	0.86	-0.06 (-0.18-0.07)	0.38	0.09 (-0.06-0.24)	0.24	0.03 (-0.10-0.15)	0.68
	Changes	-0.06 (-0.16-0.04)	0.26	-0.01 (-0.13-0.11)	0.88	-0.11 (-0.30-0.09)	0.29	0.12 (-0.01-0.26)	0.08	0.02 (-0.14-0.18)	0.84	0.04 (-0.09-0.17)	0.56
DBP (mm Hg)	Baseline	0.05 (-0.01-0.12)	0.08	0.01 (-0.06-0.08)	0.83	-0.04 (-0.15-0.08)	0.55	-0.01 (-0.09-0.07)	0.85	0.03 (-0.07-0.13)	0.54	0.003 (-0.08-0.08)	0.95
	Changes	0.01 (-0.06-0.08)	0.74	0.02 (-0.06-0.11)	0.59	-0.03 (-0.16-0.10)	0.64	0.12 (0.03-0.21)	0.01	0.001 (-0.11-0.11)	0.98	0.04 (-0.05-0.13)	0.42
Pulse pressure (mm Hg)	Baseline	0.08 (0.005-0.15)	0.04	-0.01 (-0.09-0.08)	0.90	0.02 (-0.12-0.15)	0.79	-0.05 (-0.14-0.04)	0.31	0.06 (-0.05-0.17)	0.29	0.02 (-0.07-0.12)	0.62
	Changes	-0.07 (-0.15-0.01)	0.09	-0.03 (-0.13-0.07)	0.51	-0.07 (-0.23-0.08)	0.34	0.003 (-0.10-0.11)	0.96	0.01 (-0.11-0.14)	0.82	0.003 (-0.10-0.11)	0.96
Fasting blood glucose (mmol/L)	Baseline	0.003 (-0.000-0.01)	0.07	0.001 (-0.004-0.004)	0.82	0.002 (-0.005-0.01)	0.64	-0.002 (-0.01-0.003)	0.49	0.0001 (-0.01-0.01)	0.96	-0.001 (-0.01-0.003)	0.58
	Changes	0.001 (-0.003-0.01)	0.52	0.002 (-0.003-0.01)	0.44	-0.003 (-0.01-0.004)	0.37	0.001 (-0.005-0.01)	0.82	-0.0001 (-0.01-0.01)	0.98	0.004 (-0.001-0.01)	0.14
Triglycerides (mmol/L)	Baseline	0.004 (0.0003-0.01)	0.04	0.002 (-0.002-0.01)	0.39	0.01 (-0.0002-0.01)	0.06	0.001 (-0.004-0.01)	0.77	0.003 (-0.002-0.01)	0.19	-0.002 (-0.007-0.003)	0.40
	Changes	-0.002 (-0.01-0.001)	0.18	0.0002 (-0.004-0.004)	0.92	-0.002 (-0.01-0.004)	0.50	-0.001 (-0.01-0.004)	0.67	-0.004 (-0.01-0.002)	0.16	0.003 (-0.002-0.01)	0.27
HDL-cholesterol (mmol/L)	Baseline	-0.001 (-0.004-0.001)	0.78	0.001 (-0.002-0.004)	0.63	-0.004 (-0.01-0.001)	0.11	0.001 (-0.002-0.005)	0.49	0.002 (-0.002-0.01)	0.26	-0.0001 (-0.003-0.003)	0.97
	Changes	0.001 (-0.001-0.002)	0.51	-0.002 (-0.004-0.0001)	0.07	0.001 (-0.002-0.004)	0.56	-0.002 (-0.004-0.001)	0.19	0.001 (-0.001-0.004)	0.35	-0.002 (-0.01-0.0002)	0.07
LDL-cholesterol (mmol/L)	Baseline	0.002 (-0.004-0.01)	0.53	-0.004 (-0.01-0.003)	0.26	0.02 (0.01-0.03)	0.002	-0.01 (-0.02- -0.002)	0.01	0.001 (-0.01-0.01)	0.80	0.001 (-0.01-0.01)	0.89
	Changes	-0.002 (-0.01-0.003)	0.49	0.001 (-0.01-0.01)	0.70	-0.01 (-0.02-0.002)	0.10	-0.001 (-0.01-0.01)	0.73	0.01 (0.0001-0.02)	0.05	-0.01 (-0.01-0.002)	0.12

*: Models were adjusted for age, sex, educational level, smoking status, changes of time spent doing physically active work, changes of time spent doing leisure time physical activity and BMI for non-anthropometric outcomes. Participants reporting specific medication were excluded from analysis.

** : in hour per week. BMI: body mass index. SBP: systolic blood pressure. BDP: diastolic blood pressure. HDL: high density lipoproteins. LDL: low density lipoproteins.

V. ARTICLE 4



Leisure-Time Physical Activity and Sedentary Behavior and Their Cross-Sectional Associations with Excessive Daytime Sleepiness in the French SU.VI.MAX-2 Study

Roland M. Andrianasolo¹ · Mehdi Menai¹ · Pilar Galan¹ · Serge Hercberg^{1,2} · Jean-Michel Oppert^{1,3} · Emmanuelle Kesse-Guyot¹ · Valentina A. Andreeva¹

© International Society of Behavioral Medicine 2015

Abstract

Background The potential benefit of physical activity in terms of decreasing excessive daytime sleepiness (EDS) prevalence is unclear, especially in aging adults.

Purpose We aimed to elucidate the associations among physical activity, sedentariness, and EDS in middle-aged and older adults.

Methods We conducted a cross-sectional analysis using data from a subsample of participants in the SU.VI.MAX-2 observational study (2007–2009; $N=4179$; mean age=61.9 years). EDS was defined as a score >10 on the Epworth Sleepiness Scale. Leisure-time physical activity and different types of sedentary behavior were assessed with the Modifiable Activity Questionnaire. The associations were examined with multivariable logistic regression models.

Results In the adjusted multivariable model, total leisure-time physical activity (modeled in quartiles, Q) was significantly, inversely associated with EDS (odds ratios (OR) $_{Q4 \text{ vs } Q1}=0.70$, 95 % confidence interval (CI)=0.54–0.89). The association persisted in analyses restricted to individuals not taking sleep medication ($OR_{Q4 \text{ vs } Q1}=0.72$, 95 % $CI=0.54$ –0.95). In

turn, time spent watching television and time spent reading appeared protective against EDS ($OR_{Q4 \text{ vs } Q1}=0.73$, 95 % $CI=0.57$ –0.94; $OR_{Q4 \text{ vs } Q1}=0.76$, 95 % $CI=0.60$ –0.97, respectively), whereas time spent on a computer appeared to confer an increased risk for EDS ($OR_{Q4 \text{ vs } Q1}=1.30$, 95 % $CI=1.05$ –1.62). When physical activity and sedentariness were modeled jointly, using WHO recommendation-based cutoffs for high/low levels, no significant associations were observed in the fully adjusted models.

Conclusions The findings reinforce public health recommendations promoting behavior modification and specifically moderate-intensity exercise in middle-aged and older adults. The association of high physical activity/low sedentariness with EDS, which was not supported by the data, merits further investigation before firm conclusions could be drawn.

Keywords Health behavior · Physical activity · Sedentariness · Sleepiness

Introduction

Excessive daytime sleepiness (EDS)—commonly defined as an increased propensity to fall asleep in situations where wakefulness is expected—can negatively impact work performance [1], occupational [2] and road safety [3], functional status, and general health [4, 5]. Across sex, EDS has been independently associated with reduced quality of life [6] and with increased risk of hypertension, cardiovascular morbidity and mortality, and depression and cognitive impairment, especially among the elderly [7–11]. It has also been correlated with asthma [12], insomnia, and obstructive sleep apnea [13, 14]. The worldwide prevalence of EDS in the general elderly population varies greatly as a function of severity, sex, and age, and surpasses 25 % in some regions [15]. Among French

Roland M. Andrianasolo and Mehdi Menai contributed equally to this work.

✉ Valentina A. Andreeva
v.andreeva@eren.smbh.univ-paris13.fr

¹ Université Paris 13, Equipe de Recherche en Épidémiologie Nutritionnelle (EREN), Centre de Recherche en Épidémiologie et Statistiques, Inserm U1153, Inra U1125, Cnam, COMUE Sorbonne Paris Cité, 93017 Bobigny, France

² Département de Santé Publique, Hôpital Avicenne, 93017 Bobigny, France

³ Université Pierre et Marie Curie - Paris 6, Service de Nutrition, Hôpital Pitié-Salpêtrière (AP-HP), Institut de Cardiométabolisme et Nutrition (ICAN), Paris, France

non-institutionalized elderly, EDS rates have been reported to be 12.0–22.7 % among men, and 6.0–16.1 % among women [8, 16].

In that context, the identification of modifiable factors which could alleviate or prevent EDS is of major import. Among such factors, physical activity (PA), especially moderate-intensity exercise, has undeniable health-promoting potential across age [17, 18], including a beneficial impact on sleep duration and quality [19–23]. Nonetheless, the link between PA and EDS, as well as the EDS sociodemographic correlates remain poorly understood. In a US sample of elderly individuals, daytime sleepiness was associated with decreased exercise frequency [5]. A more recent study, utilizing a nationally representative sample of healthy US adults, showed an inverse association between accelerometry-assessed PA and EDS, with the link being more pronounced among those aged 20–39 and 60+ years compared with their middle-aged counterparts [24]. However, in that study, EDS data had come from self-reports to a single frequency-based question.

Further, literature reviews have provided evidence that, independent of PA engagement, sedentary behavior—whose prevalence has been rising over the past two decades—may be a distinct risk factor for numerous health outcomes in adults [25]. For example, an independent, detrimental linear association of sedentary time with a number of inflammatory and cardio-metabolic biomarkers has been reported [26]. Literature reviews also suggest significant direct relationships of sedentary behaviors with mortality, cardiovascular disease, type 2 diabetes, and obesity [27]. Moreover, a recent study based on National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) data reported that unlike participants in the bottom tertile of accelerometry-assessed sedentary behavior, among participants in the top tertile of sedentary behavior, PA was significantly associated with diagnosed sleeping disorders [28]. Research with elderly women has also reported better sleep in those who were physically active compared with their sedentary counterparts, who exhibited an increased propensity for napping [20]. Finally, a small, community-based randomized controlled trial reported improvement in sleep quality and quantity following a 16-week moderate-intensity exercise intervention among healthy, sedentary older adults [29].

The objectives of this cross-sectional study were to identify sociodemographic correlates of EDS in a large sample of French middle-aged and older adults, and to test the main hypothesis that weekly leisure-time PA, when accompanied by low sedentary behavior engagement, would be protective against EDS. Given evidence that EDS propensity might differ by sex, age, and overweight/obesity [16, 30], we also investigated potential effect modification by each of these factors.

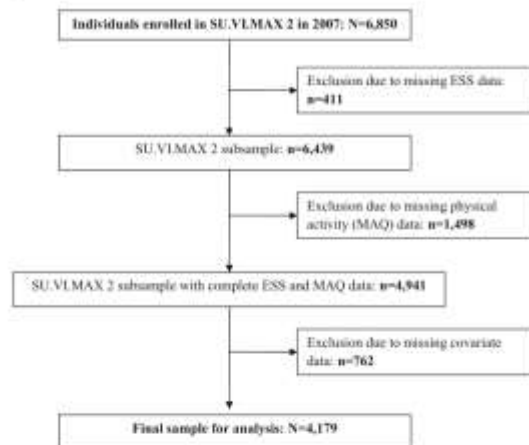
Methods

Population

For the present analysis, we used data from the general population-based *Supplémentation en Vitamines et Minéraux Antioxydants 2* (SU.VI.MAX-2) observational study (2007–2009; $N=6850$). This was a cross-sectional study with middle-aged and older adults who had previously participated in the SU.VI.MAX primary prevention randomized controlled trial (1994–2002; $N=12741$) assessing the effect of daily low-dose antioxidant supplementation (vitamins C and E, β -carotene, selenium, and zinc) on cardiovascular disease and cancer incidence [31]. Details about the methodology and results of the SU.VI.MAX trial have been published [31–33]. Briefly, non-institutionalized volunteers (men aged 45–60 years; women aged 35–60 years) from the general French population with no regular vitamin/mineral supplement use, free from any pathology that might hinder 8-year participation, and without any extreme behaviors regarding diet or health were eligible for recruitment. Five years after completion of the trial, available individuals were contacted for potential participation in the SU.VI.MAX-2 observational cross-sectional study. No exclusion was made on the basis of health/disease status, except for the requirement to be autonomous and non-hospitalized at the time of inclusion. Informed consent was obtained from all participants. The research protocol was approved by the respective ethics and data protection committees. In total, 6439 individuals (94 %) had complete EDS data and among them, 4941 individuals (72 %) also had available PA data. From that sample, we excluded $N=762$ individuals due to missing or incomplete covariate data. Thus, the full sample for the present analysis included 4179 participants (61 %) (Fig. 1).

EDS Assessment

Daytime sleepiness propensity was assessed at a single time point during 2007–2009 via the French version of the Epworth Sleepiness Scale (ESS) [13]. It is a widely used, validated, and reliable simple tool for the evaluation of EDS in adults [34, 35]. The ESS consists of eight items, asking the participants to self-report the likelihood of dozing off in different situations/contexts, with possible responses ranging from 0 (would never doze) to 3 (high chance of dozing). Thus, the total scores can range from 0 to 24, with a higher score indicating increased daytime sleepiness propensity. EDS was defined as ESS score >10 , which is a widely used cutoff successfully differentiating individuals with moderate to severe daytime



ESS, Epworth Sleepiness Scale

MAQ, Modifiable Activity Questionnaire

Fig. 1 Selection of study participants. ESS Epworth Sleepiness Scale, MAQ Modifiable Activity Questionnaire

sleepiness propensity from their counterparts free from EDS [13, 34].

PA and Sedentary Behavior Assessment

In 2007, PA and sedentary behaviors were assessed using the self-administered French version of the Modifiable Activity Questionnaire (MAQ) [36, 37]. This instrument assesses past 12-month PA in various domains of everyday life, and has been used in a variety of observational as well as intervention studies with adults [38–41]. Its psychometric properties have also been reported [36, 42–44], including those derived from a validation study in France [45]. Given the age distribution in our sample and the consequent amount of inapplicable information, we elected not to use occupational PA data. Regarding leisure-time PA, subjects were asked to report all such activities performed ≥ 10 times for 10 min per session over the past 12 months. Detailed information was collected about the type of activity (walking, cycling, swimming, gardening, etc.). The frequency and duration of each activity was reported. Total leisure-time PA was calculated as the sum of the overall time spent in different categories of leisure-time PA per week. The questionnaire also included items about leisure sedentary behaviors such as the time usually spent (in hours and minutes per day) watching television/video, using a computer, and reading. Finally, PA and sedentariness information was considered unavailable

($N=1498$) when the MAQ data were either missing or incomplete.

Covariates

The sociodemographic questionnaire administered as part of the SU.VI.MAX-2 study provided information on sex; age; educational level (elementary, secondary, post-secondary); marital status (living alone vs. married/cohabiting); employment status (retired, professionally active, homemakers); smoking status (never, former, current smoker); and anxiety (“Are you or have you been treated for any anxiety disorders?” Yes/No). Alcohol intake in grams per day was estimated using validated semi-quantitative food frequency questionnaire. Concurrent with the EDS evaluation, participants also responded to five yes/no questions about their sleeping habits/concerns: satisfaction with sleep, difficulty falling asleep, frequent nighttime awakening, sleep medication use, and personal history of sleep disorders. Next, body weight was measured using the built-in scale of the Tanita TBF-300 bio-impedance device (Tanita Corp., Tokyo, Japan), with participants wearing light indoor clothing and no shoes. Height was measured to the nearest 0.5 cm with a wall-mounted stadiometer. The body mass index (BMI) was then calculated as the weight (in kg) divided by the squared height (in m).

Statistical Analysis

Descriptive results by EDS status pertain to chi-squared tests and Student *t* tests, and are reported as percentages or mean (SD), as appropriate. We calculated engagement in total leisure-time PA (in h/week), which was modeled in quartiles (Q) [46]. Sedentary behavior—by type and total time—was also modeled in Q (h/week). The principal analyses pertained to the cross-sectional association of EDS status with: (1) Q of total leisure-time PA, (2) Q of sedentary behaviors, and (3) PA and sedentariness (both dichotomized into high/low) modeled simultaneously as a four-category variable. Following WHO guidelines regarding PA for adults [47], we chose 2.5 h/week as the high/low PA cutoff. In turn, the high/low total sedentary time cutoff was based on the variable’s median value (28.2 h/week).

We employed multivariable logistic regression with adjustment for sex, age, educational level, occupational status, marital status, BMI, anxiety, satisfaction with sleep, frequent nighttime awakening, personal history of sleep disorders, and the interval (in months) between PA assessment and ESS administration. We also performed a sensitivity analysis of the PA-EDS association after excluding individuals who had reported taking

sleep medication. Effect modification of total leisure-time PA by sex, age, and BMI, respectively, was also tested. All tests were two-sided and $p < 0.05$ was considered statistically significant. We used SAS version 9.3 (SAS Institute, Inc., USA).

Results

Participant Characteristics

From the 6850 adults included in the SU.VI.MAX-2 study, those who were excluded from the present analysis ($N = 2671$) were more often women, younger, were more likely to live alone, to be current smokers, to have more formal education, and to be professionally active. In addition, excluded individuals had lower levels of leisure-time PA, reported more

difficulty falling asleep, were more likely to have a personal history of sleep disorders and to use sleep medication than those included in the study (data not shown).

The mean age in our sample was 61.9 (SD=6.1) years with an age range of 47–74 years. A total of 709 individuals (17 %) were categorized as having EDS (with ESS score >10). The sociodemographic characteristics by EDS status are summarized in Table 1. None of the tests for effect modification by sex, age, and BMI, respectively, was statistically significant (all $p > 0.20$). Thus, the analyses were performed with the full sample.

Associations Between Total Leisure-Time PA and EDS

In bivariate models, there were statistically significant differences by EDS status in leisure-time PA (Table 1). Specifically, mean h/day spent in such PA were higher among individuals

Table 1 Characteristics of SU.VI.MAX-2 participants ($N = 4179$; 2007–2009) according to Epworth Sleepiness Scale (ESS) score

	<i>N</i>	ESS \leq 10 (<i>N</i> =3470)	ESS $>$ 10 (<i>N</i> =709)	<i>p</i> value
Men	1825	43.2	45.8	0.20
Age, years	4179	62.1 (6.0)	61.4 (6.1)	0.01
Educational level				0.62
Elementary	632	15.0	15.8	
Secondary	1498	35.7	36.8	
Post-secondary	2049	49.4	47.4	
Employment status				<0.001
Professionally active	1262	29.0	36.3	
Retired	2539	9.5	6.8	
Homemaker	378	61.5	57.0	
Married or cohabiting	3523	83.9	86.3	0.11
Smoking status				0.53
Never	1897	45.5	44.9	
Former	1938	56.1	47.8	
Current	344	8.4	7.3	
Body mass index, kg/m ²	4179	25.2 (3.9)	25.6 (4.1)	0.02
Heavy alcohol intake, g/day ^a	661	16.1	14.7	0.36
Time spent watching TV, h/week	4179	16.8 (16.5)	16.2 (15.5)	0.15
Time spent on a computer, h/week	4179	5.2 (6.8)	6.1 (7.9)	0.004
Time spent reading, h/week	4179	8.2 (6.4)	7.9 (7.2)	0.29
Anxiety treatment (past/current)	4179	5.8	34.0	<0.001
Satisfactory nighttime sleep	2993	73.2	64.0	<0.001
Difficulty falling asleep at night	3344	20.2	18.9	0.43
Frequent nocturnal awakening	2221	51.0	63.9	<0.001
Sleep medication use	813	19.4	19.6	0.91
Personal history of sleep disorders	839	18.9	26.1	<0.001
Leisure-time physical activity, h/week	4179	5.6 (5.5)	4.8 (4.5)	<0.001

Values are mean (SD) or percent with *p* values derived from chi-squared or Student *t* tests, as appropriate

^a Defined as >30.0 g/day for men and >20.0 g/day for women

scoring ≤ 10 on the ESS than among those with scores > 10 (i.e., with EDS). Results of the multivariable logistic regression models—unadjusted (model 1) and adjusted (models 2 and 3) for sex, age, educational level, occupational status, marital status, BMI, sedentary behaviors, anxiety, satisfaction with sleep, frequent nighttime awakening, personal history of sleep disorders, and the interval between PA assessment and ESS administration—are summarized in Table 2. In the fully adjusted model, total leisure-time PA was significantly, inversely associated with EDS (odds ratio (OR)_{Q4 vs Q1}=0.70, 95 % confidence interval (CI) 0.54–0.89).

In order to strengthen the robustness of our analyses, we refit the models after excluding participants who had reported taking sleep medications ($N=811$). The large majority of such medications belonged to the benzodiazepine family. Results of this sensitivity analysis are shown in Table 3. In the fully adjusted models, the significant inverse association with total leisure-time PA persisted (OR_{Q4 vs Q1}=0.72, 95 % CI=0.54–0.95).

Associations Between Sedentary Behaviors and EDS

Results of the multivariable logistic regression models for sedentary behaviors—time spent watching television, using a computer, reading, and total sedentary time—unadjusted (model 1) and adjusted (models 2 and 3) for sex, age, educational level, occupational status, marital status, BMI, PA, anxiety, satisfaction with sleep, frequent nighttime awakening, personal history of sleep disorders, and the interval between the assessment of sedentary behaviors and ESS administration—are summarized in Table 4. In the fully adjusted models,

Table 2 Logistic regression analysis of the association between excessive daytime sleepiness (ESS >10) and quartiles of total leisure-time physical activity: SU.VI.MAX-2 study ($N=4179$)

	Model 1 ^a	Model 2 ^b	Model 3 ^c
Total leisure-time physical activity			
Quartile 1	1	1	1
Quartile 2	0.89 (0.72–1.11)	0.91 (0.73–1.14)	0.91 (0.73–1.14)
Quartile 3	0.80 (0.64–0.99)	0.85 (0.67–1.06)	0.85 (0.67–1.06)
Quartile 4	0.62 (0.49–0.78)	0.69 (0.54–0.88)	0.70 (0.54–0.89)
<i>p</i> _{total}	<0.0001	0.003	0.004

Values are odds ratios with 95 % confidence intervals

ESS Epworth Sleepiness Scale

^aModel 1: unadjusted

^bModel 2: adjusted for sex, age, educational level, employment status, marital status, BMI, satisfaction with sleep, frequent nighttime awakening, personal history of sleep disorders, anxiety, and interval between ESS and physical activity assessment

^cModel 3: Model 2 + sedentary behaviors (watching television, using a computer, reading)

Table 3 Logistic regression analysis of the association between excessive daytime sleepiness (ESS >10) and quartiles of total leisure-time physical activity in a subsample of SU.VI.MAX-2 participants not reporting sleep medication use ($N=3368$)

	Model 1 ^a	Model 2 ^b	Model 3 ^c
Total leisure-time physical activity			
Quartile 1	1	1	1
Quartile 2	0.93 (0.72–1.19)	0.95 (0.74–1.22)	0.95 (0.73–1.22)
Quartile 3	0.85 (0.66–1.09)	0.91 (0.71–1.18)	0.91 (0.71–1.18)
Quartile 4	0.64 (0.49–0.83)	0.70 (0.54–0.93)	0.72 (0.54–0.95)
<i>p</i> _{total}	0.0006	0.016	0.024

Values are odds ratios with 95 % confidence intervals

ESS Epworth Sleepiness Scale

^aModel 1: unadjusted

^bModel 2: adjusted for sex, age, educational level, employment status, marital status, BMI, satisfaction with sleep, frequent nighttime awakening, personal history of sleep disorders, anxiety and interval between ESS and physical activity assessment

^cModel 3: Model 2 + sedentary behaviors

we observed disparate associations depending on the type of sedentary behavior. Specifically, the time spent watching television and the time spent reading appeared protective against EDS (OR_{Q4 vs Q1}=0.73, 95 % CI=0.57–0.94; OR_{Q4 vs Q1}=0.76, 95 % CI=0.60–0.97, respectively), whereas the time spent on a computer appeared to confer an increased risk for EDS (OR_{Q4 vs Q1}=1.30, 95 % CI=1.05–1.62).

PA, Sedentariness, and EDS

Table 5 summarizes the results of the logistic regression analysis of the cross-sectional association between EDS and the respective time spent in PA and sedentary behavior (category of low PA/high sedentary time used as reference). For these models, we applied WHO recommendation-based cutoffs for high/low PA levels. In the crude model, we found a significant, protective association of high PA coupled with high sedentary time with EDS, which was not observed in the fully adjusted model.

Discussion

In this cross-sectional study with a large sample of middle-aged and older adults, we found that weekly engagement in leisure-time PA was significantly associated with a 30 % lower likelihood of reporting EDS. This protective association persisted even after restricting the analysis to individuals not taking sleeping pills. However, our main hypothesis that weekly leisure-time PA, when coupled with low sedentariness, would be protective against EDS was not

Table 4 Logistic regression analysis of the association between excessive daytime sleepiness (ESS > 10) and quartiles of different sedentary behaviors: SU.VI.MAX-2 study (N=4179)

	Model 1 ^a	Model 2 ^b	Model 3 ^c
Time spent watching television			
Quartile 1 (<9.9 h/week)	1	1	1
Quartile 2 (9.9–16.0 h/week)	0.95 (0.76–1.19)	0.92 (0.74–1.16)	0.93 (0.74–1.17)
Quartile 3 (16.0–21.5 h/week)	0.88 (0.70–1.11)	0.86 (0.67–1.08)	0.86 (0.68–1.09)
Quartile 4 (>21.5 h/week)	0.84 (0.62–0.98)	0.73 (0.57–0.94)	0.73 (0.57–0.94)
<i>P</i> _{trend}	0.03	0.01	0.01
Time spent on a computer			
Quartile 1 (0 h/week)	1	1	1
Quartile 2 (0–3.5 h/week)	1.02 (0.80–1.30)	0.95 (0.74–1.22)	0.95 (0.74–1.22)
Quartile 3 (3.5–7.0 h/week)	0.90 (0.72–1.12)	0.87 (0.69–1.10)	0.87 (0.69–1.10)
Quartile 4 (>7.0 h/week)	1.31 (1.06–1.62)	1.31 (1.05–1.63)	1.30 (1.05–1.62)
<i>P</i> _{trend}	0.05	0.06	0.06
Time spent reading			
Quartile 1 (<3.5 h/week)	1	1	1
Quartile 2 (3.5–6.9 h/week)	0.89 (0.70–1.14)	0.89 (0.69–1.14)	0.89 (0.69–1.14)
Quartile 3 (6.9–10.5 h/week)	0.74 (0.60–0.91)	0.79 (0.64–0.98)	0.81 (0.65–0.99)
Quartile 4 (>10.5 h/week)	0.69 (0.55–0.88)	0.74 (0.58–0.94)	0.76 (0.60–0.97)
<i>P</i> _{trend}	0.0004	0.01	0.01
Total sedentary time			
Quartile 1 (<20.5 h/week)	1	1	1
Quartile 2 (20.5–28.2 h/week)	0.95 (0.76–1.20)	0.94 (0.75–1.18)	0.94 (0.75–1.19)
Quartile 3 (28.2–37.8 h/week)	0.83 (0.66–1.04)	0.83 (0.65–1.06)	0.84 (0.66–1.06)
Quartile 4 (>37.8 h/week)	0.97 (0.77–1.22)	0.97 (0.76–1.23)	0.97 (0.76–1.24)
<i>P</i> _{trend}	0.53	0.59	0.62

Values are odds ratios with 95 % confidence intervals

ESS Epworth Sleepiness Scale

^a Model 1: unadjusted

^b Model 2: adjusted for sex, age, educational level, employment status, marital status, BMI, satisfaction with sleep, frequent nighttime awakening, personal history of sleep disorders, anxiety, and interval between ESS and sedentariness assessment

^c Model 3: Model 2 + physical activity

supported by the data. It should be noted that inverse associations of sedentary behaviors with both PA [48] and EDS [49]

have been reported, although some inconsistency among the different findings exists [24].

Table 5 Logistic regression analysis of the association between excessive daytime sleepiness (ESS > 10) and respective time spent in physical activity and sedentary behaviors: SU.VI.MAX-2 study (N=4179)

Combined physical activity and sedentary time ^a	Model 1 ^b	Model 2 ^c
Low physical activity/high sedentary time	1	1
Low physical activity/low sedentary time	1.13 (0.91–1.41)	1.13 (0.89–1.40)
High physical activity/high sedentary time	0.79 (0.63–0.99)	0.84 (0.66–1.06)
High physical activity/low sedentary time	0.80 (0.63–1.01)	0.87 (0.67–1.11)

Values are odds ratios with 95 % confidence intervals

ESS Epworth Sleepiness Scale

^a High/low physical activity cutoff based on WHO recommendations for adults (2.5 h/week); high/low total sedentary behavior cutoff based on the variable's median value (28.2 h/week)

^b Model 1: unadjusted

^c Model 2: adjusted for sex, age, educational level, employment status, marital status, BMI, satisfaction with sleep, frequent nighttime awakening, personal history of sleep disorders, anxiety, and interval between ESS and physical activity assessment

We found that total sedentary behavior time did not influence EDS status. However, the time spent watching television and time spent reading appeared protective against EDS, whereas time spent on a computer appeared to confer a 30 % increased risk. To the best of our knowledge, findings about disparate associations with EDS depending on the type of sedentary behavior have not been previously reported. A recent meta-analysis revealed disparate effects of different types of screens used (computer, television) in relation to adolescent nighttime sleep [50]. In addition, studies have documented that evening use of light-emitting devices (e.g., computer screens) could lead to increased evening alertness, suppression of melatonin secretion (a marker of the circadian clock), and reduced next-morning alertness [51, 52].

Our results are largely consistent with cross-sectional findings among community-dwelling older Americans showing a significant link between daytime sleepiness/napping and low exercise/PA frequency [5, 53]. Our results are also consistent with those of a 6-month randomized controlled trial conducted among older adults with moderate sleep complaints, who were randomized into a tai chi program (regarded as low-to-moderate-intensity PA) or low-impact exercise [21]. In addition to a significant improvement across a number of sleep parameters, tai chi participants also reported reduced EDS (assessed by the ESS) compared with their counterparts in the low-impact exercise group [21]. Next, evidence from NHANES with adults aged 18–85 years showed that the relative risk of often versus never feeling overly sleepy during the day decreased by a factor of 0.65 for those meeting PA guidelines compared with their counterparts not meeting the guidelines [54].

In our sample, most of the leisure-time PA came from moderate-intensity activities, such as walking. The importance of moderate-intensity PA cannot be overlooked, as moderate-intensity PA is associated with numerous health benefits compared with high-intensity PA. However, for those already performing moderate-intensity PA, additional health benefits may be obtained with higher intensity and/or duration [55]. Overall, numerous aspects of metabolic health depend on the total volume of activity [56]. In turn, recent research highlighted significant health benefits among individuals who had become physically active relatively late in life, with both moderate and vigorous PA performed at least once a week showing a positive association with healthy aging [17].

The physiological response to PA is determined by its duration, intensity, frequency, and the environmental context. During PA, chemical, mechanical, and thermoregulatory (via the hypothalamus) mechanisms elicit alterations in metabolic, cardiovascular, and respiratory function in order to meet the increased requirements for oxygen and substrate in skeletal muscle and the removal of carbon dioxide and metabolites [57]. During PA, brain glucose uptake decreases with increasing exercise intensity, possibly triggering adaptive metabolic

changes in the frontal cortical regions [58]. Overall, oxygenation and metabolic activity in all brain regions increase during exercise [59]. Physical inactivity, however, has been shown to initiate cellular processes that were qualitatively different from the PA responses [27]. Moreover, physical inactivity is regarded as a major cause of metabolic inflexibility expressed in terms of insulin resistance, impaired lipid transfer, hyperlipidemia, and shifts in ectopic fat storage and substrate use toward glucose [60].

In turn, several brain regions and a variety of neurotransmitters are involved in sleep and alertness, and sleepiness may result from neural processes promoting sleep or from abating processes maintaining wakefulness [61]. Experimental and review studies have suggested that the rate of PA-associated energy expenditure, temperature increase, and dehydration may trigger a slow-wave sleep response [62, 63]. Links of EDS with impaired glucose metabolism and the metabolic syndrome have been reported [64, 65]. In addition, EDS has been inversely associated with peak oxygen uptake, which is a measure of cardiorespiratory fitness [66].

In this study, the prevalence of EDS was 17 % and it did not differ significantly between the sexes. Other reports based on ESS scores have shown lower, sex-specific EDS rates among French elderly individuals (i.e., 12 % among men and 6 % among women) [16]. In another study with French non-institutionalized elderly, EDS prevalence (measured with a single question about a regular or frequent feeling of being excessively sleepy during the day) was 22.7 % among men and 16.1 % among women [8]. Literature reviews indicate an inconsistent association of EDS with sex or age [15]. In our bivariate models, EDS was associated with somewhat younger age, with being professionally active, having somewhat higher BMI, spending more time on a computer, and reporting anxiety, less satisfactory sleep, more frequent nocturnal awakening, and personal history of sleep disorders. In fact, daytime sleepiness propensity could be influenced by the duration and quality of prior sleep, time of day, context, having sleep disorders, drug use, sleep hygiene, and several physiological determinants [13, 53]. A weaker circadian regulation of sleep and wakefulness with a trend toward lower circadian amplitude and advanced phase sleep has been linked to advancing age [67].

A limitation of the present study was the inability to infer causality as regards the leisure-time PA-EDS relationship, due to its cross-sectional design. Next, the data were largely derived from self-reports which might underscore recall bias and might have led to misclassification and possibly to weak associations. Disadvantages of subjective assessments of PA/sedentariness include potential recall bias and social desirability issues, while advantages include the ability to differentiate the context and types of PA and sedentary behavior. In our analysis, the context of PA was leisure time (as opposed to domestic or occupational). Whereas we employed widely

used instruments for the assessment of PA, sedentary behavior, and EDS, we acknowledge that the MAQ has not yet been fully validated in the general French population using energy expenditure outcomes as measured, for example, by the doubly labeled water technique. We further acknowledge the fact that there were 2.5 months on average between the PA assessment and the daytime sleepiness assessment, with the MAQ generally being administered prior to the ESS. Next, authors have cautioned that ESS scores are not diagnostic of any specific sleep disorder, and simply reflect personal estimations [13]. Finally, caution should be used when generalizing the results of the present study, especially considering the disparities between included and excluded individuals as regards sleep-related troubles, leisure-time PA, and socioeconomic profiles.

However, using a very large, population-based sample of middle-aged and older adults and taking into account a number of potential confounders in the analysis were important strengths of the study. It should also be noted that even after excluding individuals who had reported taking sleeping pills, the association between total leisure-time PA and EDS remained strong and statistically significant. This study provided information about the likelihood of EDS in middle-aged and older French adults, and its results support a protective association of leisure-time PA with EDS. The findings reinforce public health recommendations promoting moderate-intensity physical activity, especially in the context of rapid population aging worldwide. The association of the combined high PA/low sedentariness with EDS, which was not supported by the present data, ought to be investigated further in similar as well as disparate settings before firm conclusions could be drawn.

Acknowledgments The study was funded by the French National Research Agency (no. ANR-05-PNRA-010) and the French Ministry of Health (DGS). The funding bodies did not have any involvement in the design/conduct of the research, or in data analysis/interpretation, or in writing/approval of the manuscript. The authors wish to thank Nathalie Arnault and Laurent Bourhis (statisticians) who coordinated data management of the SU.VI.MAX study. The SU.VI.MAX trial is registered at www.clinicaltrials.gov under # NCT00272428.

Conflict of Interest The authors declare that they have no conflict of interest.

Compliance with Ethical Standards All procedures performed in the study involving human participants were in accordance with the ethical standards of the institutional and/or national research committee and with the 1964 Helsinki declaration and its later amendments or comparable ethical standards.

Informed Consent Informed consent was obtained from all individual participants included in the study.

Author's Contributions PG, SH, and EKG were responsible for developing the concept, design, and protocol of the study and for coordinating data collection; JMO was involved with the physical activity and

sedentary behavior data collection; RMA and MM performed the literature review; RMA led the writing; RMA and MM performed the statistical analyses; VAA and EKG provided methodological guidance; MM, PG, SH, JMO, EKG, and VAA were involved in interpreting the results and editing the manuscript for important intellectual content. All authors read and approved the final version of the manuscript.

References

1. Liviya Ng W, Freak-Poli R, Peeters A. The prevalence and characteristics associated with excessive daytime sleepiness among Australian workers. *J Occup Environ Med.* 2014;56:935–45.
2. Melamed S, Oksenberg A. Excessive daytime sleepiness and risk of occupational injuries in non-shift daytime workers. *Sleep.* 2002;25:315–22.
3. Connor J, Whitlock G, Norton R, Jackson R. The role of driver sleepiness in car crashes: a systematic review of epidemiological studies. *Accid Anal Prev.* 2001;33:31–41.
4. Gooneratne NS, Weaver TE, Cater JR, Paek FM, Arner HM, Greenberg AS, et al. Functional outcomes of excessive daytime sleepiness in older adults. *J Am Geriatr Soc.* 2003;51:642–49.
5. Chasens ER, Sereika SM, Weaver TE, Umlauf MG. Daytime sleepiness, exercise, and physical function in older adults. *J Sleep Res.* 2007;16:60–5.
6. Reid KJ, Martinovich Z, Finkel S, Stutsinger J, Golden R, Harter K, et al. Sleep: a marker of physical and mental health in the elderly. *Am J Geriatr Psychiatry.* 2006;14:860–6.
7. Goldstein IB, Ancoli-Israel S, Shapiro D. Relationship between daytime sleepiness and blood pressure in healthy older adults. *Am J Hypertens.* 2004;17:787–92.
8. Empana JP, Dauvilliers Y, Dartigues JF, Ritchie K, Garipey J, Jouven X, et al. Excessive daytime sleepiness is an independent risk indicator for cardiovascular mortality in community-dwelling elderly: the three city study. *Stroke.* 2009;40:1219–24.
9. Jaussent I, Bouyer J, Ancelin ML, Akbaraly T, Peres K, Ritchie K, et al. Insomnia and daytime sleepiness are risk factors for depressive symptoms in the elderly. *Sleep.* 2011;34:1103–10.
10. Endeshaw Y, Rice TB, Schwartz AV, Stone KL, Manini TM, Satterfield S, et al. Snoring, daytime sleepiness, and incident cardiovascular disease in the health, aging, and body composition study. *Sleep.* 2013;36:1737–45.
11. Ohayon MM, Vecchierini MF. Daytime sleepiness and cognitive impairment in the elderly population. *Arch Intern Med.* 2002;162:201–8.
12. Teodorescu M, Consens FB, Bria WF, Coffey MJ, McMorris MS, Weatherwax KJ, et al. Correlates of daytime sleepiness in patients with asthma. *Sleep Med.* 2006;7:607–13.
13. Johns MW. A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth sleepiness scale. *Sleep.* 1991;14:540–5.
14. Hara C, Stewart R, Lima-Costa MF, Rocha FL, Fuzikawa C, Uchoa E, et al. Insomnia subtypes and their relationship to excessive daytime sleepiness in Brazilian community-dwelling older adults. *Sleep.* 2011;34:1111–7.
15. Ohayon MM. Epidemiology of excessive daytime sleepiness. *Sleep Med Clin.* 2006;1:9–16.
16. Tsuno N, Jaussent I, Dauvilliers Y, Touchon J, Ritchie K, Besset A. Determinants of excessive daytime sleepiness in a French community-dwelling elderly population. *J Sleep Res.* 2007;16:364–71.
17. Hamer M, Lavoie KL, Bacon SL. Taking up physical activity in later life and healthy ageing: the English longitudinal study of ageing. *Br J Sports Med.* 2014;48:239–43.

18. Warburton DE, Nicol CW, Bredin SS. Health benefits of physical activity: the evidence. *CMAJ*. 2006;174:801–9.
19. Youngstedt SD. Effects of exercise on sleep. *Clin Sports Med*. 2005;24:355–65.
20. de Castro Toledo Guimaraes LH, de Carvalho LB, Yanagibashi G, do Prado GF. Physically active elderly women sleep more and better than sedentary women. *Sleep Med*. 2008;9:488–93.
21. Li F, Fisher KJ, Harmer P, Irbe D, Tearse RG, Weimer C. Tai chi and self-rated quality of sleep and daytime sleepiness in older adults: a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc*. 2004;52:892–900.
22. Buman MP, Hekler EB, Bliwise DL, King AC. Exercise effects on night-to-night fluctuations in self-rated sleep among older adults with sleep complaints. *J Sleep Res*. 2011;20:28–37.
23. Tsunoda K, Kitano N, Kai Y, Uchida K, Kuchiki T, Okura T, et al. Prospective study of physical activity and sleep in middle-aged and older adults. *Am J Prev Med*. 2015;48:662–73.
24. McClain JJ, Lewin DS, Laposky AD, Kahle L, Berrigan D. Associations between physical activity, sedentary time, sleep duration and daytime sleepiness in US adults. *Prev Med*. 2014;66:68–73.
25. Thorp AA, Owen N, Neuhaus M, Dunstan DW. Sedentary behaviors and subsequent health outcomes in adults: a systematic review of longitudinal studies, 1996–2011. *Am J Prev Med*. 2011;41:207–15.
26. Healy GN, Matthews CE, Dunstan DW, Winkler EA, Owen N. Sedentary time and cardio-metabolic biomarkers in US adults: NHANES 2003–06. *Eur Heart J*. 2011;32:590–7.
27. Hamilton MT, Hamilton DG, Zdenic TW. Role of low energy expenditure and sitting in obesity, metabolic syndrome, type 2 diabetes, and cardiovascular disease. *Diabetes*. 2007;56:2655–67.
28. Farnsworth JL, Kim Y, Kang M. Sleep disorders, physical activity, and sedentary behavior among U.S. adults: National Health and Nutrition Examination Survey. *J Phys Act Health*. 2015. doi:10.1123/jpah.2014-0251.
29. King AC, Oman RF, Brassington GS, Bliwise DL, Haskell WL. Moderate-intensity exercise and self-rated quality of sleep in older adults: a randomized controlled trial. *JAMA*. 1997;277:32–7.
30. Bixler EO, Vgontzas AN, Lin HM, Calhoun SL, Vela-Bueno A, Kales A. Excessive daytime sleepiness in a general population sample: the role of sleep apnea, age, obesity, diabetes, and depression. *J Clin Endocrinol Metab*. 2005;90:4510–5.
31. Herberg S, Galan P, Preziosi P, Bertrais S, Mennen L, Malvy D, et al. The SU.VI.MAX Study: a randomized, placebo-controlled trial of the health effects of antioxidant vitamins and minerals. *Arch Intern Med*. 2004;164:2335–42.
32. Herberg S, Preziosi P, Briancon S, Galan P, Triol I, Malvy D, et al. A primary prevention trial using nutritional doses of antioxidant vitamins and minerals in cardiovascular diseases and cancers in a general population: the SU.VI.MAX study: design, methods, and participant characteristics. *Supplementation en Vitamines et Minéraux AntioXydants*. *Control Clin Trials*. 1998;19:336–51.
33. Malvy DJ, Favier A, Faure H, Preziosi P, Galan P, Arnaud J, et al. Effect of two years' supplementation with natural antioxidants on vitamin and trace element status biomarkers: preliminary data of the SU.VI.MAX study. *Cancer Detect Prev*. 2001;25:479–85.
34. Johns MW. Reliability and factor analysis of the Epworth Sleepiness Scale. *Sleep*. 1992;15:376–81.
35. Kaminska M, Jobin V, Mayer P, Amyot R, Perraton-Brillon M, Bellemare F. The Epworth Sleepiness Scale: self-administration versus administration by the physician, and validation of a French version. *Can Respir J*. 2010;17:e27–34.
36. Kriska AM, Knowler WC, LaPorte RE, Drash AL, Wing RR, Blair SN, et al. Development of questionnaire to examine relationship of physical activity and diabetes in Pima Indians. *Diabetes Care*. 1990;13:401–11.
37. Vuillemin A, Oppert JM, Guillemin F, Essermeant L, Fontvieille AM, Galan P, et al. Self-administered questionnaire compared with interview to assess past-year physical activity. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32:1119–24.
38. Guillemin F, Rat AC, Roux CH, Fautrel B, Mazieres B, Chevalier X, et al. The KHOALA cohort of knee and hip osteoarthritis in France. *Joint Bone Spine*. 2012;79:597–603.
39. Bauer PW, Pivarnik JM, Feltz DL, Paneth N, Womack CJ. Validation of an historical physical activity recall tool in postpartum women. *J Phys Act Health*. 2010;7:658–61.
40. Kuller LH, Kriska AM, Kinzel LS, Simkin-Silverman LR, Sutton-Tyrrell K, Johnson BD, et al. The clinical trial of women on the move through activity and nutrition (WOMAN) study. *Contemp Clin Trial*. 2007;28:370–81.
41. Delahanty LM, Peyrot M, Shrader PJ, Williamson DA, Meigs JB, Nathan DM. Pretreatment, psychological, and behavioral predictors of weight outcomes among lifestyle intervention participants in the Diabetes Prevention Program (DPP). *Diabetes Care*. 2013;36:34–40.
42. Schulz LO, Harper IT, Smith CJ, Kriska AM, Ravussin E. Energy intake and physical activity in Pima Indians: comparison with energy expenditure measured by doubly-labeled water. *Obes Res*. 1994;2:541–8.
43. Kriska AM, Edelstein SL, Hamman RF, Otto A, Bray GA, Mayer-Davis EJ, et al. Physical activity in individuals at risk for diabetes: Diabetes Prevention Program. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38:826–32.
44. Gabriel K, McClain JJ, Schmid KK, Storti KL, Ainsworth BE. Reliability and convergent validity of the past-week modifiable activity questionnaire. *Public Health Nutr*. 2010;14:435–42.
45. Jacobi D, Charles MA, Tafflet M, Lommez A, Borys JM, Oppert JM. Relationships of self-reported physical activity domains with accelerometry recordings in French adults. *Eur J Epidemiol*. 2009;24:171–9.
46. Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ, et al. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32:S498–504.
47. World Health Organization. Global recommendations on physical activity for health. Geneva: WHO; 2011.
48. Mansoubi M, Pearson N, Biddle SJ, Clemes S. The relationship between sedentary behaviour and physical activity in adults: a systematic review. *Prev Med*. 2014;69C:28–35.
49. Whitney CW, Enright PL, Newman AB, Bonekat W, Foley D, Quan SF. Correlates of daytime sleepiness in 4578 elderly persons: the Cardiovascular Health Study. *Sleep*. 1998;21:27–36.
50. Bartel KA, Gradisar M, Williamson P. Protective and risk factors for adolescent sleep: a meta-analytic review. *Sleep Med Rev*. 2015;21:72–85.
51. Cajochen C, Frey S, Anders D, Spati J, Bues M, Pross A, et al. Evening exposure to a light-emitting diodes (LED)-backlit computer screen affects circadian physiology and cognitive performance. *J Appl Physiol*. 2011;110:1432–8.
52. Chang AM, Aeschbach D, Duffy JF, Czeisler CA. Evening use of light-emitting eReaders negatively affects sleep, circadian timing, and next-morning alertness. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2015;112:1232–7.
53. Hays JC, Blazer DG, Foley DJ. Risk of napping: excessive daytime sleepiness and mortality in an older community population. *J Am Geriatr Soc*. 1996;44:693–8.
54. Loprinzi PD, Cardinal BJ. Association between objectively-measured physical activity and sleep, NHANES 2005–2006. *Ment Health Phys Act*. 2011;4:65–9.
55. U.S. Department of Health and Human Services. Physical activity guidelines for Americans. Rockville: US DHHS Office of Disease Prevention and Health Promotion; 2008.

56. Shephard RJ. Absolute versus relative intensity of physical activity in a dose–response context. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33:S400–18.
57. Burton DA, Stokes K, Hall GM. Physiological effects of exercise. *Contin Educ Anaesth Crit Care Pain.* 2004;4:185–8.
58. Kemppainen J, Aalto S, Fujimoto T, Kalliokoski KK, Langsjo J, Oikonen V, et al. High intensity exercise decreases global brain glucose uptake in humans. *J Physiol.* 2005;568:323–32.
59. Ide K, Horn A, Secher NH. Cerebral metabolic response to sub-maximal exercise. *J Appl Physiol.* 1999;87:1604–8.
60. Bergouignan A, Rudwill F, Simon C, Blanc S. Physical inactivity as the culprit of metabolic inflexibility: evidence from bed-rest studies. *J Appl Physiol.* 2011;111:1201–10.
61. Guilleminault C, Brooks SN. Excessive daytime sleepiness: a challenge for the practising neurologist. *Brain.* 2001;124:1482–91.
62. Horne JA. The effects of exercise upon sleep: a critical review. *Biol Psychol.* 1981;12:241–90.
63. Horne JA, Staff LH. Exercise and sleep: body-heating effects. *Sleep.* 1983;6:36–46.
64. Roopa M, Deepa M, Indulekha K, Mohan V. Prevalence of sleep abnormalities and their association with metabolic syndrome among Asian Indians: Chennai Urban Rural Epidemiology Study (CURES-67). *J Diabetes Sci Technol.* 2010;4:1524–31.
65. Hayley AC, Williams LJ, Kennedy GA, Berk M, Brennan SL, Pasco JA. Excessive daytime sleepiness and metabolic syndrome: a cross-sectional study. *Metabolism.* 2015;64:244–52.
66. Strand LB, Laugsand LE, Wisloff U, Nes BM, Vatten L, Janszky I. Insomnia symptoms and cardiorespiratory fitness in healthy individuals: the Nord-Trøndelag Health Study (HUNT). *Sleep.* 2013;36:99–108.
67. Cajochen C, Munch M, Knoblauch V, Blatter K, Wirz-Justice A. Age-related changes in the circadian and homeostatic regulation of human sleep. *Chronobiol Int.* 2006;23:461–74.