

UNIVERSITÉ PARIS XIII – SORBONNE PARIS NORD

École doctorale Sciences, Technologies, Santé Galilée

**Mesure de l'activité physique favorable à la santé : développement d'une
approche objective et in situ.**

**Measuring health-enhancing physical activity: developing an objective and in situ
approach.**

THÈSE DE DOCTORAT

présentée par

Jérôme BOUCHAN

Equipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle (EREN)

pour l'obtention du grade de

DOCTEUR EN EPIDEMIOLOGIE ET SANTE PUBLIQUE

soutenue le 15 septembre 2025 devant le jury d'examen constitué de :

THIVEL David, Université Clermont Auvergne, Rapporteur

BERGOUIGNAN Audrey, Université de Strasbourg, Rapportrice

GAVARRY Olivier, Université de Toulon, Examineur

OPPERT Jean-Michel, Sorbonne Université, Directeur

VOITURON Nicolas, Université Sorbonne Paris Nord, Co-directeur

VERDOT Charlotte, Université Sorbonne Paris Nord, Co-encadrante

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier le Professeur Jean-Michel Oppert, pour son soutien et sa disponibilité dans un cadre bienveillant et convivial. Merci pour tous nos échanges m'ayant permis de mieux appréhender le monde de la recherche et d'appréhender cette belle thématique qu'est l'activité physique. Merci également pour votre confiance, et pour m'avoir permis de vivre de belles expériences au sein du projet.

Merci également à Nicolas et Charlotte pour avoir fait partie de cette aventure. Charlotte qui était là dès mes débuts lors du stage, puis tout au long de mon travail, merci pour ton soutien et pour ces échanges enrichissants. Merci Nicolas pour votre disponibilité et vos conseils tout au long de ces trois années.

Je tiens à remercier les Professeurs Audrey Bergouignan et David Thivel qui me font l'honneur de rapporter cette thèse, ainsi que le Docteur Julien Gavarry pour avoir accepté de faire partie de mon jury. Je remercie également Anne pour sa disponibilité et son suivi, et pour cette invitation au congrès de Nice, qui a été un des points de départ de cette aventure. Merci également à Aude-Marie, François, et Jérémy pour leurs suivis et conseils.

Je continue par le lieu où les données de thèse ont vu le jour. Un grand merci aux membres fondateurs du bureau 26, et à tous leur occupant.es. Notamment à Hélène pour ses visites imprévues qui ont toujours ramené un peu de soleil dans cette aventure, et à Alice pour tous ses échanges informels. Merci à Fabienne d'être une collègue souriante, bienveillante et passionnante, et d'avoir partagé avec moi une partie de cette aventure. Je garde en souvenir le sémaphore de la Rochelle et la fête des châtaignes.

Mon projet de thèse est également représenté par le projet WEALTH dont je remercie tous les contributeurs. A commencer par Léopold pour les échanges et moments de discussion, et pour nos nombreuses réunions avec Jean-Michel. Junko et Nastasia pour avoir relancé une dynamique moteur au cours de cette dernière année, et pour toutes les choses que j'ai pu apprendre à vos côtés. Un grand merci à Greet, Tomas et Christoph pour leur bienveillance et leur aide à travers des échanges passionnants, mais aussi à l'ensemble des membres du projet européen. Je remercie également tous les membres de l'EREN qui ont contribué à ce projet. En particulier Maria, Julien, Laurent, Régis, Selim, Nathalie, Cédric et Nadia, merci pour votre précieuse aide.

Je finirai cette partie par ceux représentant la base de ce travail : Merci aux 156 participants pour leur disponibilité et bonne humeur avec qui les échanges ont souvent dérivé sur des discussions passionnantes. Sans oublier les participants de l'étude pilote, qui ont essuyé les plâtres.

L'ayant déjà mentionné, il me faut maintenant m'attarder sur l'Equipe de Recherche en Épidémiologie Nutritionnelle. Un grand merci général à l'EREN pour son accueil durant ces trois années. Merci à Mathilde pour son accueil au sein du laboratoire, et pour avoir toujours laissé un peu plus de place à l'activité physique. Merci aux chercheurs, aux stagiaires, aux membres des pôles informatique, administrative, support, statistique et diététique, avec qui j'ai pu échanger et apprendre au cours de cette aventure.

Un merci spécial pour les doctorant.es, qui ont su égayer mes journées et rendre cette aventure collective (je passerai sous silence le détail de l'acronyme CAP). Merci aussi de m'avoir fait suivre une formation continue et informelle sur l'alimentation, de haute qualité ! Et mention spéciale à la team CFA pour nos débats très (trop ?) passionnants.

Merci à la team du Donjon pour le partage de ces moments conviviaux qui font le quotidien et pour tous les moments partagés durant ces trois années. Un grand merci à la team jeux pour ces parties endiablées et ces créations toujours plus innovantes. Je retiendrai chaque moment de fou rire à vos côtés (vous méritez largement un Kudos !).

A la base d'une aventure de thèse, il y a des inspirations et des soutiens infaillibles. Je remercie tout d'abord Alexis pour la découverte de la thématique « activité physique et santé », qui a posé les premiers jalons. Je remercie également les camarades Rennais pour la source d'inspiration qu'ils représentent. Une pensée particulière à mes étoiles de Rennes !

Merci Jo pour m'avoir rappelé que la recherche c'est aussi du terrain, qu'on étudie les rochers ou les humains ! Nos moments partagés en sillonnant la France ont été une source revitalisante.

Je remercie aussi Fanny, pour les moments de partage dans une salle d'escalade ou lors d'une pause active. Je me souviendrai de ma première soutenance en sociologie, et de nos discussions sur les politiques de santé publique.

Merci à Théo d'avoir joué différents rôles dans cette aventure : partenaire de grimpe, collègue à la blouse blanche, chercheur passionné, galérien de la DPE6, et j'en passe... ce fut un plaisir infini !

Mais s'investir dans la recherche est aussi possible quand on peut compter sur un contexte social de soutien. Je remercie donc ma famille, et en particulier mes parents et ma sœur, pour leur soutien sans mesure et « parce que bouger ça s'apprend ». Merci aux copains du Haut pour m'avoir fait ressentir durant cette dernière année les mêmes sensations qu'un accéléromètre peut ressentir, et pour tout le reste.

Pour finir merci à mon éternel soutien, dont tous les remerciements sont écrits annexe 9a <3/4>.

Table des matières

Remerciements.....	1
Table des matières.....	3
Liste des tableaux	5
Liste des figures	6
Liste des abréviations.....	7
Table des annexes.....	7
Valorisation des travaux.....	8
Introduction.....	11
Partie théorique	15
Chapitre 1 Le comportement physique.....	17
1. Activité physique (AP).....	18
a. Définition.....	18
b. Lien avec la santé	20
c. Effet dose-réponse.....	21
d. Recommandations.....	23
e. Niveau d'AP	25
2. Comportement sédentaire (CS)	26
a. Définition.....	26
b. Lien avec la santé	27
c. Effet dose-réponse.....	28
d. Recommandations.....	28
e. Niveau du CS	29
3. Approche multi-comportementaux	30
Chapitre 2 Déterminants des comportements.....	33
1. Modèle « socio-écologique »	33
2. Déterminants individuels.....	34
3. Déterminants externes	34
a. Les facteurs environnementaux	34
b. Les facteurs socio-culturels.....	36
Chapitre 3 Mesure du CP et de son contexte.....	37
1. Validité et reproductibilité des mesures	39
2. Les principales méthodes de mesure du CP	41
a. Questionnaires	41
b. Accélérométrie	44
c. Ecological Momentary Assessment (EMA).....	50
3. Faisabilité et acceptabilité des méthodes de mesures.....	55
a. Acceptabilité.....	56
b. Adhérence.....	59
Objectifs de la thèse	65
Méthodes	69
1. Schéma expérimental de l'étude	71
2. Etude principale	73

a. Population d'étude du centre français	73
b. Critères d'exclusion	74
c. Organisation et déroulement du protocole	75
3. Etude pilote.....	90
4. Récupération et structuration des bases de données.....	92
5. Analyses statistiques	93
a. Population	93
b. Variables utilisées.....	93
c. Analyses réalisées	97
Résultats	101
Chapitre 1 Acceptabilité de l'évaluation ambulatoire par combinaison de l'EMA et de l'accélérométrie	103
1. Introduction	103
2. Résumé en français	103
3. Article soumis.....	105
4. Discussion du chapitre.....	132
Chapitre 2 Facteurs d'adhérence à la méthode de l'EMA	133
1. Introduction	133
2. Résumé en français	133
3. Article soumis.....	135
4. Discussion du chapitre.....	159
Chapitre 3 Contexte physique, social et psychologique du comportement physique	161
1. Introduction	161
2. Tableaux de résultats	162
3. Discussion du chapitre.....	167
Discussion générale	169
1. Synthèse des résultats.....	171
2. Forces et limites des travaux de la thèse.....	172
a. Population d'étude	172
b. Protocole.....	174
c. Outils de mesure.....	174
d. Analyses	177
3. Perspectives de recherche.....	178
a. Impact sur la recherche	178
b. Futurs travaux	179
4. Perspectives de santé publique	180
Conclusion	183
Références.....	187
Annexes.....	207
Abstract.....	291
Résumé.....	292

Liste des tableaux

Tableau 1 - Évolution des recommandations majeures d'activité physique des adultes à l'échelle internationale (adapté de Inserm, 2008).	23
Tableau 2 - Méthodologies d'évaluation du comportement physique : points forts et limites (adapté de Strath et al., 2013).	38
Tableau 3 - Tableau présentant le taux de réponses aux appels à participation et le nombre de rendez-vous réalisés au niveau du centre français chez les participants à l'étude NutriNet-Santé.	74
Tableau 4 - Tableau présentant les caractéristiques des quatre capteurs accélérométriques utilisés lors du protocole WEALTH. Adapté de Hayes et al. (2025).	80
Tableau 5 - Tableau présentant le déroulement du protocole semi-structuré en laboratoire de l'étude WEALTH.....	82
Tableau 6 - Description des questionnaires EMA basés sur les événements, déclenchés par la montre Fitbit®.....	162
Tableau 7 - Description du contexte physique et social pendant les épisodes de sédentarité et d'activité physique (N=13 380 questionnaires).	163
Tableau 8 - Description du contexte psychologique pendant les épisodes de sédentarité et d'activité physique (N=13 380 questionnaires).	164
Tableau 9 - Modèles mixtes présentant les relations entre le contexte physique, social, psychologique et les niveaux d'AP et de CS.	166

Liste des figures

Figure 1 - Spectre du comportement physique en lien avec la dépense énergétique (issu de Oppert, 2016 ; adapté de Tremblay et al., 2010).	18
Figure 2 - Dimensions principales de l'AP.	19
Figure 3 - Courbe de l'effet dose-réponse entre le temps quotidien d'AP d'intensité modérée à élevée et la mortalité (issu de Ekelund et al., 2019).	22
Figure 4 - Facteurs influençant le comportement physique : modèle socio-écologique (issu de Oppert et al., 2005).	33
Figure 5 - Illustration des axes de mesure des capteurs accélérométriques, et de la méthode principale de calcul.	46
Figure 6 - Schéma présentant les grandes étapes du travail de thèse.	72
Figure 7 - Schéma présentant le déroulement du protocole WEALTH tel que réalisé dans le centre français.	75
Figure 8 - Présentation des quatre capteurs accélérométriques utilisés pendant l'étude WEALTH.	81
Figure 9 - Schéma récapitulant des différents questionnaires EMA sur une journée au cours du protocole WEALTH.	86
Figure 10 - Résumé des items (en bleu) évaluant les trois dimensions de l'humeur dans les questionnaires EMA.	87
Figure 11 - Présentation de l'interface de l'application HealthReact®, grâce à l'exemple de quatre questions issues du questionnaire d'enquête quotidienne.	89
Figure 12 - Relation entre la probabilité d'être en extérieur pendant des épisodes d'AP et le niveau global d'AP.	165

Liste des abréviations

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

AP – Activité Physique

CP – Comportement Physique

CS – Comportement Sédentaire

EMA – *Ecological Momentary Assessment* (méthode d'évaluation momentanée écologique)

ENMO – *Euclidian Norm Minus One* (métrique de calcul pour l'accélérométrie)

GBD – *Global Burden of Disease*

MET – *Metabolic Equivalent Task*

OMS – Organisation Mondiale de la Santé

Table des annexes

Annexe 1 – Tableau résumant les principaux questionnaires de mesure de l'AP.....	207
Annexe 2 – Article sur les profils d'AP dans la population adulte	210
Annexe 3 – Article présentant le travail réalisé sur l'acceptabilité des appareils accélérométriques dans une cohorte	220
Annexe 4 - Lettre d'information aux participants	243
Annexe 5 - Questionnaire général de l'étude développé numériquement (version française).....	249
Annexe 6 - Présentation des questions issues des différents questionnaires EMA	275
Annexe 7 - Présentation du questionnaire de faisabilité rempli par les participants à la fin de la visite 1 (partie 1) et à la fin du protocole lors de la visite 2 (partie 2).....	280
Annexe 8 - Correspondance entre les items du questionnaire faisabilité et les dimensions de l'acceptabilité (accéléromètres et application EMA).....	284
Annexe 9 – Exemple de compte rendu d'informations envoyé aux participants après le protocole, à partir des données collectées par les différents appareils accélérométriques.....	286

Valorisation des travaux

Publications scientifiques faisant l'objet du travail de thèse

Bouchan J., Fezeu LK., Vetrovsky T., Elavsky S., Delestre F., De Vylder F., Buck C., Hebestreit A., Harrington J., Hayes G., Donnelly A., Oppert J-M., Cardon G., on behalf the WEALTH consortium (2025). Acceptability of intensive ambulatory assessment combining four wearable sensors and frequent Ecological Momentary Assessment for evaluating physical and eating behavior in adults: The WEALTH Project. *Journal for the Measurement of Physical Behavior*. En révision.

Bouchan J., Cardon G., Fezeu LK., Vetrovsky T., Kuhnova J., Elavsky S., Buck C., Hebestreit A., Sigcha L., Donnelly A., Oppert J-M., Compernelle S., on behalf the WEALTH consortium (2025). Patterns of compliance with ecological momentary assessment for physical behaviour in adults: the WEALTH project. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. En révision.

Bouchan J., Kose J., Fezeu L., Gauffeny N., Kuhnova J., Elavsky S., Buck C., Hebestreit A., Sigcha L., Donnelly A., Vetrovsky T., Oppert J-M., on behalf the WEALTH consortium. Contexts and their variations during physical activity and sedentary behaviour: insights from a sensor-triggered event-based ecological momentary assessment in the WEALTH study. Article en préparation.

Autres publications scientifiques

Bouchan J., Verdot C., Deschamps V., Charreire H., Oppert J-M. (2025). Sex-specific Leisure-Time Physical Activity and Sedentary Behavior Patterns in French Adults. *Journal of Physical Activity and Health*. doi.org/10.1123/JPAH.2025-0029.

Soumare A., Fezeu LK., Bouchan J., Delestre F., Bellicha A., Touvier M., Oppert J-M., Vanhelst J. (2025) Enhancing physical activity assessment using body-worn accelerometer devices for a French large cohort. *JMIR mHealth and uHealth*. En révision.

Swenne A., Sigcha L., Hebestreit A., Bouchan J., Cimler R., Cardon G., Elavsky S., Fezeu LK., Kühnová J., Oppert J-M., Vetrovsky T., Donnelly A., Van de Ven P., Buck C., on behalf of the WEALTH consortium. (2025) External validation of a hip-worn accelerometry-based machine learning model for physical behavior classification in free-living conditions. *Journal for the Measurement of Physical Behavior*. En révision.

Communications orales

Bouchan J., Oppert J-M., Fezeu L., Delestre F., Vetrovsky T., Elavsky S., Buck C., Hebestreit A., Donnelly A., Cardon G., au nom du consortium WEALTH. Evaluation écologique momentanée (EMA) de l'activité physique : acceptabilité et faisabilité chez des adultes sains. *Journées Francophones de Nutrition*. Strasbourg, France. 4-6 Décembre 2024.

Bouchan J., Oppert J-M., Fezeu L., Delestre F., Vetrovsky T., Elavsky S., Buck C., Hebestreit A., Cardon G., Donnelly A., au nom du consortium WEALTH. Evaluation écologique momentanée (EMA) des comportements physiques et alimentaires : un protocole européen innovant. *Journées Francophones de Nutrition*. Marseille, France. 6-8 Décembre 2023.

Communications affichées

Bouchan J., Oppert J-M., Fezeu L., Vetrovsky T., Elavsky S., Hebestreit A., Buck C., Donnelly A., Cardon G., on behalf of the WEALTH consortium. Ecological momentary assessment (EMA) of physical activity: acceptability in healthy adults. *Society for ambulatory assessment conference*, Belgium. 26-28 Mai 2025.

Bouchan J., Oppert J-M., Charreire H., Deschamps V., Verdot C. Leisure-time physical activity and sedentary behaviour patterns in the French adult population: the ESTEBAN study. *10th International Society for Physical Activity and Health Congress (ISPAH)*. Paris, France. 28-31 Octobre 2024.

Bouchan J., Oppert J-M., Charreire H., Bellicha A., Deschamps V., Salanave B., Verdot C. Gender differences in the physical activity of French adults: What links with physical activity guidelines? *ISBNPA 20th Annual Meeting*. Uppsala, Sweden. 14-17 Juin 2023.

Communications de vulgarisation

Jérôme Bouchan. Ma thèse en 180 secondes : Mesure de l'activité physique favorable à la santé : développement d'une approche objective et in situ. Mars 2025.

Introduction

L'évolution de la société depuis le début du 20ème siècle a transformé l'activité humaine dans la vie de tous les jours. L'industrialisation de la société a notamment impacté le domaine professionnel avec une augmentation de l'emploi tertiaire, caractérisé par un travail de bureau et une position assise prolongée. Mais cette évolution a aussi permis l'apparition des écrans, comme avancée technologique majeure, impactant également les activités sur le temps des loisirs. Ces exemples de transformations sociétales ayant une incidence sur l'activité humaine quotidienne mettent en évidence un processus de réduction de la dépense d'énergie. Comme le dit le philosophe Michel Serres, « la société prône le tout tout de suite sans effort » (Serres, 2012). Cette évolution de la société a été concomitante à une augmentation de la prévalence des maladies chroniques, comme l'obésité, les maladies cardiovasculaires, ou les cancers. En prenant comme exemple l'obésité, les chiffres de l'enquête nationale Obépi-Roche montrent que la prévalence du surpoids fluctue toujours autour de 30 % depuis 1997 et que la prévalence de l'obésité ne cesse d'augmenter rapidement, passant de 8,5 % en 1997 à 17 % en 2020 (Fontbonne et al., 2023). Malgré les avancées médicales, et l'augmentation de l'espérance de vie générale, l'enjeu de santé publique autour de ces maladies "modernes" reste primordial.

Or, l'insuffisance d'activité physique représente la 4ème cause de mortalité dans le monde et est responsable d'autant de décès que le tabagisme (World Health Organization, 2009). Ces données mettent en avant le rôle important de l'activité physique comme comportement associé à une meilleure santé, aux côtés d'autres facteurs comportementaux (tabac, alimentation...). La baisse du niveau d'activité physique est en plus combinée à un temps passé assis qui a augmenté, laissant présager une réelle « bombe à retardement » pour notre santé (Carré, 2013). Ainsi, l'Assemblée mondiale de la santé a lancé en juin 2018, le Global Action Plan on Physical Activity (GAPPA). Ce plan d'action international fixe des objectifs pour tous les pays afin de réduire l'inactivité physique de 10 % d'ici 2025, et de 15 % d'ici 2030 (International Society for Physical Activity and Health (ISPAH), 2020). En France, ces objectifs peuvent s'appuyer sur le Programme national nutrition santé (PNNS) qui vise à promouvoir des actions en matière d'activité physique et d'alimentation en agissant sur leurs

déterminants majeurs, et sur la Stratégie Nationale Sport Santé (SNSS) qui vise à encourager l'activité physique et sportive de chaque personne tout au long de la vie (avec ou sans pathologies).

Il est alors primordial de se questionner sur les moyens d'inciter au changement des comportements physiques en population générale afin d'aboutir à la réussite de ces objectifs. A l'aune du constat selon lequel « "Bouger" est ainsi devenu un nouvel enjeu de santé publique » (Collectif Inserm, 2008), comment redonner à la population l'envie de bouger ?

« La connaissance est une navigation dans un océan d'incertitudes à travers des archipels de certitudes. »

(Edgar Morin, Les sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur, 2000)

Partie théorique

Chapitre 1 Le comportement physique

Le comportement physique (CP), « movement behavior », peut se définir comme l'activité réalisée en rapport aux mouvements du corps, et regroupant donc l'activité physique, le comportement sédentaire et le sommeil, en lien avec le cycle journalier des 24 heures (Rosenberger et al., 2019; Tremblay et al., 2017). Les diverses composantes du mouvement, qui s'étalent donc du sommeil à des activités physiques très intenses, peuvent s'appréhender à travers la dépense énergétique liée à l'activité.

La dépense énergétique s'exprime notamment en MET (Metabolic Equivalent Task) qui correspond à la dépense énergétique de référence d'un adulte au repos. En fonction de l'activité réalisée par l'individu, la dépense énergétique va être plus ou moins élevée, correspondant alors à différents comportements (Lamonte & Ainsworth, 2001). En dessous de 1 MET, il s'agit principalement d'une activité de sommeil. Entre 1 MET et 1,5 METs la dépense énergétique correspond à une activité assise, définissant le comportement sédentaire. Entre 1,5 METs et 3 METs, la dépense énergétique renvoie à des comportements debout ou d'activité physique légère. Au-dessus de 3 METs, il s'agit d'activité d'intensité modérée entre 3 et 6 METs et d'activité d'intensité élevée au-dessus de 6 METs (voir Figure 1). Une unité de MET correspond à 1 kilocalories/kilogrammes/heure. L'expression de la dépense énergétique peut donc également se réaliser au travers de valeurs exprimées en kilocalories (valeurs absolues) ou en kilocalories par kilogrammes de poids de corps (valeurs relatives). Ces unités correspondent à la quantité d'énergie (kcal) dépensée par l'activité et permettent donc de situer le sujet en fonction du continuum du comportement physique.

La dépense énergétique n'est pas le seul paramètre qui caractérise l'activité physique et le comportement sédentaire, nécessitant de s'intéresser à leurs définitions respectives. Dans ce travail, nous nous focaliserons sur les comportements en situation d'éveil du continuum du CP : l'activité physique et le comportement sédentaire.

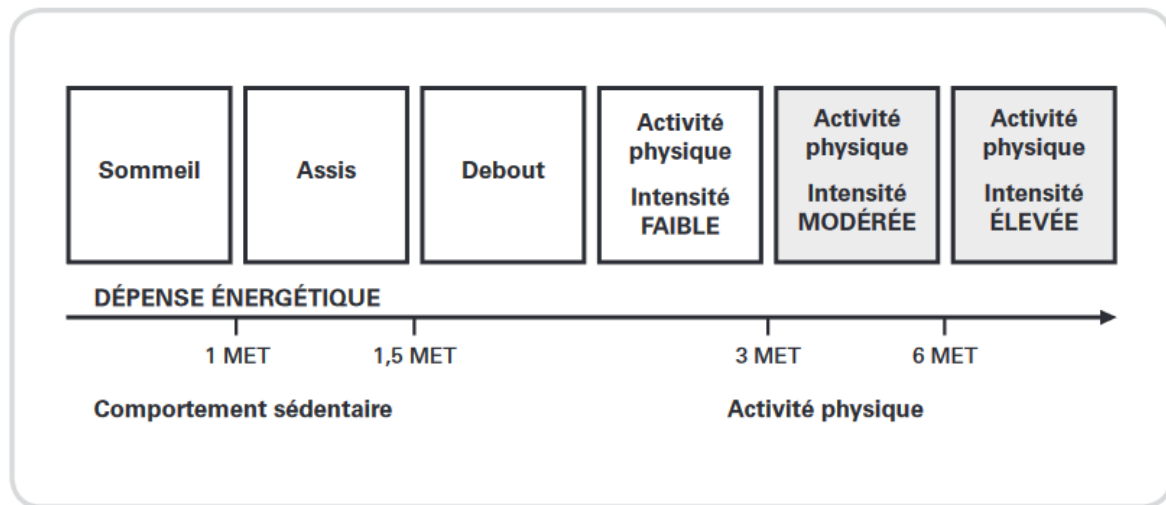


Figure 1 - Spectre du comportement physique en lien avec la dépense énergétique (issu de Oppert, 2016 ; adapté de Tremblay et al., 2010).

1. Activité physique (AP)

a. Définition

L'activité physique (AP) se définit comme « tout mouvement corporel produit par la contraction des muscles squelettiques qui entraîne une augmentation substantielle de la dépense d'énergie au-dessus de la valeur de repos » (Caspersen et al., 1985). L'AP renvoie donc aux activités impliquant des mouvements du corps, et avec une dépense énergétique supérieure à 1,5 METs. Plusieurs paramètres permettent de distinguer et d'évaluer l'AP d'un individu : la durée de l'activité, l'intensité de l'activité, la fréquence, le type d'activité, et le domaine. Ces paramètres font notamment référence au modèle FITT (Frequency, Intensity, Time and Type) (Barisic et al., 2011), et à une étude de revue (Strath et al., 2013).

Un des premiers paramètres de l'AP est la durée de l'activité. Elle s'exprime le plus souvent en minutes ou en heures, sur une période donnée, comme la journée ou la semaine. Cette durée est à mettre en relation avec l'intensité de l'AP, en lien avec la dépense énergétique présentée ci-dessus. L'AP d'une personne est souvent exprimée en une durée à une certaine intensité, avec l'AP d'intensité faible, modérée, ou élevée. Grâce à la durée et l'intensité de l'AP, un autre paramètre de l'AP est parfois utilisé, le volume d'AP. Il s'agit de la quantité d'AP, correspondant à la multiplication de la durée par l'intensité de l'activité. Le volume d'AP peut être utilisé pour estimer la dépense énergétique hebdomadaire réelle d'un individu en MET-min/semaine ou kcal/semaine. La fréquence correspond au nombre de période d'AP sur une journée (6 fois 10 minutes ou 1 fois une heure) ou une semaine, permettant de retranscrire le découpage de la durée totale d'AP. Le paramètre du type d'AP est aussi utilisé, permettant de comprendre l'activité réalisée par une personne, et donc d'y associer les demandes physiologiques et biomécaniques de cette activité. Ce paramètre permet notamment de caractériser l'AP en plusieurs sous-catégories comme des activités de résistance, d'endurance ou de souplesse.

Il existe quatre grands domaines d'AP : le domaine des loisirs, le domaine du travail, le domaine des transports et le domaine des tâches ménagères (Pettee Gabriel et al., 2012). Ces différents domaines de l'AP permettent de caractériser le contexte général de l'activité réalisée, notamment le but de celle-ci. L'AP dans le domaine des loisirs se distingue notamment de la notion d'exercice physique, qui fait référence chez le grand public à la notion de « sport ».

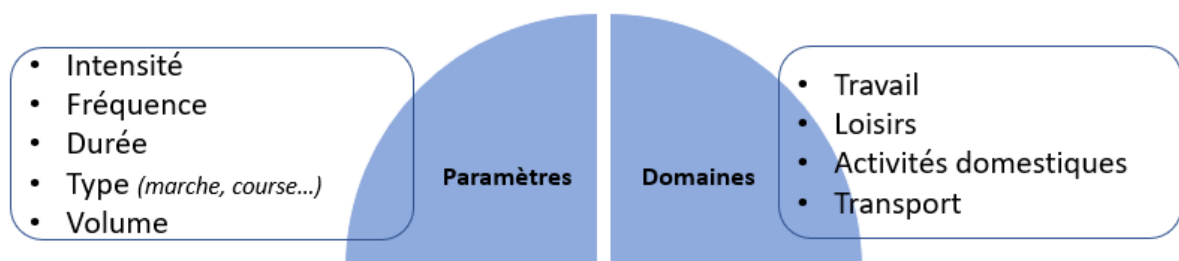


Figure 2 - Dimensions principales de l'AP.

b. Lien avec la santé

L'AP a de nombreux effets bénéfiques sur la santé, que ce soit à un niveau pathologique avec la longévité de vie ou l'absence de maladies chroniques, ou à un niveau physiologique avec des effets plus directs sur les composantes métaboliques du corps.

Tout d'abord, en lien avec la longévité, de multiples études et méta-analyses ont mis en avant qu'un faible niveau d'AP était associé à une augmentation de la mortalité (World Health Organization, 2020; Yang et al., 2022). En 2019, l'étude du Global Burden of Disease (GBD) a mis en évidence que le nombre de décès attribuable à une faible AP était de 0,83 millions (Xu et al., 2022). Des méta-analyses de données épidémiologiques ont également démontré qu'une plus faible AP était associée à une présence accrue de maladies cardiovasculaires (Kazemi et al., 2024), de cancers et de diabète (Kyu et al., 2016). Par exemple, une étude a démontré sur des données de 292 559 participants (étude UK BioBank) qu'à 45 ans, les personnes « actives » avaient une espérance de vie sans cancer plus élevée d'au moins 135% par rapport aux personnes « sans activité » (Sanchez-Lastra et al., 2025). Les études mettent aussi en évidence un lien entre un faible niveau d'AP et une prévalence plus importante de surpoids et obésité (Shi et al., 2023; Stephens et al., 2014), ou de troubles du sommeil (De Nys et al., 2022).

L'AP fait également partie des facteurs protecteurs individuels de la santé mentale (World Health Organization, 2022). Des études ont mis en avant les effets bénéfiques d'un niveau d'AP élevé avec le bien-être général, la réduction de l'anxiété (McDowell et al., 2019), et la réduction des symptômes dépressifs (Gordon et al., 2018). Les mécanismes sous-jacents impliquent notamment la libération d'endorphines et de dopamine pendant l'effort résultant de l'augmentation de la dépense énergétique. Ces hormones du « bonheur » jouent un rôle sur la motivation et le plaisir, et impactent la santé mentale sur le long terme.

La relation entre l'AP et la santé physique est également affirmée, et passe en partie par la condition physique des personnes. En effet, le fait d'avoir une AP régulière à des intensités modérées

ou élevées permet de développer les fonctions cardiovasculaires et respiratoires du corps (Duscha et al., 2005). La combinaison de ces fonctions va permettre d'améliorer l'endurance cardiorespiratoire. Cette amélioration se retranscrit notamment par le développement du muscle cardiaque au repos, grâce à un volume de sang d'éjection plus important et une diminution de la fréquence cardiaque, et par une amélioration des échanges gazeux au niveau des poumons à l'effort. Ces adaptations sont donc bénéfiques pour la santé physique de la personne, grâce à la pratique d'AP. Mais l'AP a également des bénéfices sur les autres composantes de la condition physique, comme la souplesse, la force et l'équilibre. Par ailleurs, une méta-analyse a mis en avant les effets bénéfiques de l'AP modérée et intense sur le système immunitaire (Chastin, Abaraogu, et al., 2021). Durant l'AP, au travers d'une dépense énergétique accrue, les muscles libèrent des protéines (les myokines) qui se diffusent dans tout le corps. L'AP régulière peut alors diminuer l'inflammation et améliorer les défenses immunitaires.

En ciblant certains paramètres de l'AP, prédéfinis ci-dessus, nous pouvons voir qu'il y a également des relations entre ces paramètres et des critères de santé. Par exemple, concernant le type d'AP, Oja démontre dans une méta-analyse sur 2,6 millions d'individus que le vélo, la course à pied et la natation sont respectivement associés à un risque diminué de mortalité toutes causes confondues de -21 %, -23 % et -24 % (Oja et al., 2024).

c. Effet dose-réponse

A partir des premières preuves de relation entre l'AP et la santé, le concept de « dose-réponse » a été défini afin de préciser la relation entre les deux composantes. Il permet de faire le lien entre un volume donné d'AP (la dose) et une modification physiologique ou un effet sur un critère de santé (la réponse) (Bouchard, 2001; Kesaniemi et al., 2001).

Pour répondre aux relations existantes entre le niveau d'AP et les critères de santé, les chercheurs ont développé des études permettant de répondre à la dose nécessaire d'AP pouvant avoir des effets bénéfiques sur la santé. Par exemple, une étude de suivi sur plus de 660 000 participants incluait environ 3,4 % de participants avec des niveaux de volume d'AP modérés à très élevés

(supérieurs à 40 à 75 MET.h/semaine). Cette étude a montré que l'estimation de la mortalité générale diminue pour des niveaux très élevés de pratique d'AP de loisirs, avec un seuil maximal de réduction du risque de presque 40 % pour un volume d'AP situé entre 22,5 et 75 MET.h/semaine (Arem et al., 2015). Des études différenciant le nombre de pas ont mis en évidence que le fait de passer de 4 000 à 10 000 pas par jour permettait de réduire le risque de mortalité et de morbidité (Del Pozo Cruz et al., 2022; Paluch et al., 2022). Par rapport à la durée quotidienne, une durée d'AP d'intensité modérée à intense de 24 minutes par jour est associée à la plus grande diminution du risque de mortalité (Ekelund et al., 2019). La courbe de dose-réponse de l'AP n'est donc pas linéaire mais ressemble plutôt à une courbe qui diminue avant d'augmenter, mettant en avant qu'il n'y a pas de seuil minimal pour obtenir des bénéfices sur la santé, ceux-ci apparaissant dès les premières minutes d'AP (voir Figure 3). Pour retranscrire les doses à atteindre pour avoir des effets optimaux sur la santé, les organisations internationales établissent des recommandations afin de structurer des conseils et objectifs à intégrer dans la vie de tous les jours.

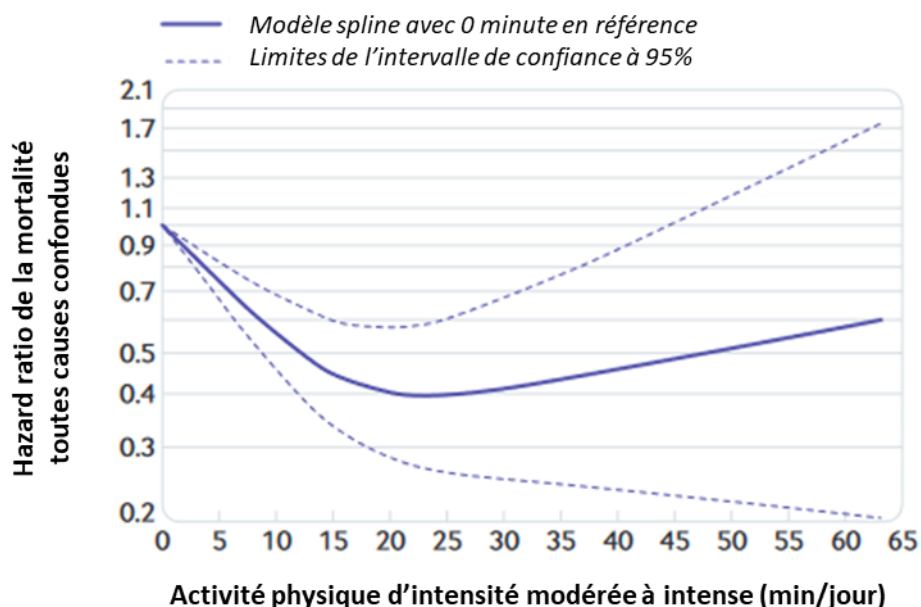


Figure 3 - Courbe de l'effet dose-réponse entre le temps quotidien d'AP d'intensité modérée à élevée et la mortalité (issu de Ekelund et al., 2019).

d. Recommandations

Les recommandations d'AP ont pour objectifs de fournir des « repères au public, aux professionnels de santé, aux décideurs des politiques de santé ainsi qu'aux organismes chargés de la surveillance de l'état sanitaire » (Collectif Inserm, 2008). Par rapport aux travaux sur la courbe dose-réponse, les recommandations fixent la bonne dose, en déterminant notamment l'intensité, la fréquence et la durée par semaine pour un type donné d'activité.

Tableau 1 - Évolution des recommandations majeures d'activité physique des adultes à l'échelle internationale (adapté de Inserm, 2008).

Références	Type	Fréquence	Intensité	Durée
ACSM, 1990	Toute activité utilisant les grands groupes musculaires	3-5 jours/semaine	60-90 % de la réserve cardiaque maximale ou 50-85 % du VO2 max	20-60 min en continu
ACSM/CDC, 1995 USDHHS, 1996	Toute activité d'intensité comparable à la marche rapide	La plupart si ce n'est tous les jours de la semaine	Modérée (3–6 METs)	30 min en une ou plusieurs fois
ACSM/AHA, 2007	Endurance (aérobie) de type marche rapide	5 jours/semaine	Modérée (3–6 METs)	30 min (par session de 10 min ou plus)
	Endurance (aérobie) de type jogging	3 jours/semaine	Élevée (>6 METs)	20 min (par session de 10 min ou plus)
	Résistance (poids)	2 jours/semaine (non consécutifs)		8 à 10 exercices 8 à 12 répétitions par exercice
WHO, 2020	AP aérobie	-	Modérée à élevée	150 min par semaine AP modérée OU 75 min par semaine AP élevée OU combinaison équivalente
	Exercices de renforcement musculaire	2 fois par semaine	Intensité modérée ou plus	-
	Limiter le temps sédentaire + remplacer le temps sédentaire par une activité physique quelle que soit son intensité (même d'intensité faible) procure des bénéfices pour la santé			

ACSM : American College of Sports Medicine ; AHA : American Heart Association ; CDC : Centers for Disease Control and Prevention ; USDHHS : US Department of Health and Human Services ; MET : Metabolic Equivalent Task ; WHO : World Health Organization.

Les premières recommandations d'AP sont apparues en 1978. Le groupe de « Position Statement of ACSM » présente « The Recommended Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Fitness in Healthy Adults » promouvant une intensité de 60 à 90% de FCmax de réserve, à une fréquence 3-5 jours/semaine, pour des durées de 15-60 minutes par session. Par la suite les recommandations d'AP n'ont fait qu'évoluer au regard de l'enrichissement des études scientifiques se focalisant sur les paramètres de l'AP (voir Tableau 1) , comme la durée ou la fréquence, et affinant l'effet dose-réponse (Blair et al., 2004; Collectif Inserm, 2008).

Les dernières recommandations internationales datent de 2020, quand l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a mis en place des critères pour deux composantes : les activités basées sur l'endurance, et sur la musculation (World Health Organization, 2020). Pour les adultes, la première dimension des recommandations établit l'atteinte de 150 minutes d'AP d'intensité modérée, ou l'atteinte de 75 minutes d'AP d'intensité élevée ou une combinaison des deux pour des activités ayant une composante aérobie. Des effets supplémentaires seraient ensuite atteignables au-delà de 300 minutes d'AP d'intensité modérée, de 150 minutes d'AP d'intensité élevée, ou une combinaison équivalente des deux. Un des changements par rapport aux précédentes recommandations est qu'il n'y a plus de référence à des périodes d'au moins 10 minutes. La deuxième dimension des recommandations vise à promouvoir les activités ayant une composante de renforcement musculaire, à raison de deux fois par semaine. Les recommandations nationales françaises établies par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) sont en adéquation avec les recommandations de l'OMS avec un ajout supplémentaire sur la fréquence d'AP pour la composante aérobie. Il est alors recommandé de réaliser 30 minutes par jour d'AP au moins 5 jours par semaine en évitant 2 jours consécutifs sans activité (ANSES, 2016). L'ANSES ajoute également une recommandation afin de pratiquer des exercices d'assouplissements et de mobilité articulaire 2 à 3 fois par semaine. Par ailleurs, les recommandations grand public énoncées par Santé Publique France (sur mangerbouger.fr) sont simplifiées en préconisant 30 min par jour (tous les jours).

Grâce aux recommandations, il est possible d'établir si une personne atteint ou non le seuil fixé et de catégoriser cette personne comme étant « active ou inactive », retranscrivant en même temps un niveau d'AP.

e. Niveau d'AP

Au niveau international, la plus récente enquête de surveillance a reporté que 72,5 % de la population adulte des pays occidentaux atteignaient les recommandations d'AP de l'OMS (Guthold et al., 2018). Les estimations mettaient en avant une différence de 8 points entre les femmes (68,3 %) et les hommes (76,6 %). Au niveau national, l'enquête Esteban de Santé Publique France (2014-2016) a mis en évidence que 53 % des femmes et 71 % des hommes de 18-74 ans atteignent les recommandations d'AP (Verdot et al., 2022). Selon les données de l'étude Inca 3 de l'ANSES, en 2017, 58 % des adultes sont au-dessus du seuil de 150 minutes par semaine de sollicitation cardiorespiratoire liée à des activités d'intensité modérée à intense, 15 % ont une sollicitation de 75 à 150 min et 27 % maintiennent cette sollicitation moins de 75 min/sem (ANSES, 2022). Les hommes sont également plus nombreux que les femmes à atteindre le seuil de 150 min (70 % contre 41 %).

En s'intéressant au contexte, grâce aux domaines d'AP, une étude a montré qu'en se focalisant sur les données des pays développés, l'AP totale hebdomadaire se répartissait en 668 minutes par semaine d'AP dans les domaines domestiques et au travail (43,7 %), 158 minutes par semaine d'AP dans le domaine des transports (28,5 %) et 143 minutes par semaine d'AP dans le domaine des loisirs (27,8 %) (Strain et al., 2020). En France, à partir des données de l'enquête Esteban de Santé Publique France de 2014-2016, des disparités entre femmes et hommes ont été mises en évidence (Bouchan et al., 2023). La durée hebdomadaire d'AP liée au travail était de 794 minutes pour les hommes et 530 pour les femmes, alors que la durée liée aux AP domestiques était de 486 et 518 minutes, respectivement pour les hommes et femmes. La durée d'AP liée aux transports pour aller au travail était très faible (13 et 7 minutes par semaine, respectivement pour les hommes et femmes), et la durée d'AP de loisirs était supérieure pour les hommes (418 minutes contre 301 minutes pour les femmes).

Par rapport aux différents types d'AP, avec une focale sur le domaine des loisirs, une étude a mis en évidence que la marche était l'activité la plus pratiquée chez les hommes (29 %) et chez les femmes (38 %) (Dai et al., 2015). Chez les 2 245 adultes de cette étude, des différences selon le sexe étaient notables sur les autres types d'AP. Les hommes étaient plus nombreux que les femmes à déclarer participer et passer plus de temps en moyenne à des activités sportives, des activités de jardinage et de cyclisme, tandis que plus de femmes que d'hommes ont déclaré participer à des activités de marche/randonnée, de danse/aérobic et d'exercices de conditionnement. Des différences de niveau d'AP existent donc en s'intéressant en précision aux différentes dimensions de l'AP comme le type ou le domaine de l'activité, mettant en avant l'importance du contexte pour évaluer en détails l'AP d'une personne.

2. Comportement sédentaire (CS)

a. Définition

Le comportement sédentaire (CS) se définit comme une activité en état d'éveil dont le coût énergétique est inférieur ou égal à 1.5 METs, et avec une position assise, semi-inclinée ou couchée (Tremblay et al., 2017). Le CS se différencie du sommeil puisque l'individu est éveillé.

Comme l'AP, le CS se caractérise par différents paramètres comme la durée, la fréquence, le type d'activité et le domaine de sédentarité. La fréquence du CS permet de mettre en avant la notion de période de sédentarité et d'interruption de la sédentarité. Par exemple, une différence peut être faite entre un CS journalier avec 7 heures en position assise et un comportement journalier réalisant 14 périodes de 30 minutes de sédentarité entrecoupées par d'autres activités. Les études scientifiques soulignent l'importance pour la santé des pauses (notamment actives) pour entrecouper les périodes de sédentarité (Healy et al., 2008).

Le type de sédentarité est aussi un paramètre important permettant d'approfondir l'activité de la personne lorsqu'elle réalise un CS. En effet, être en position assise peut être le résultat d'une

activité devant ordinateur, devant la télévision, lors d'une réunion, lors d'un repas ou lors d'une activité culturelle (lecture, dessin). Ce type d'activité sédentaire est à mettre en lien avec les domaines du CS, comme pour l'AP, au travers du domaine du travail, des loisirs, des activités domestiques ou des transports. Le détail apporté par ces paramètres permet de comprendre avec plus de précision le CS de l'individu.

b. Lien avec la santé

Les liens entre le CS et la santé sont maintenant bien établis dans la littérature scientifique. Les études épidémiologiques de cohorte mettent en évidence qu'un temps passé assis plus élevé est associé à des risques plus élevés de mortalité ou de développement de maladies chroniques, comme les maladies cardiovasculaires, les cancers, l'obésité, le diabète (World Health Organization, 2020). Par exemple, une méta-analyse sur des études de cohortes prospectives avec des données auto-rapportées a démontré des associations significatives de rapport de risque (HR) entre un temps assis prolongé avec la mortalité toutes causes confondues (HR : 1,22), l'incidence de la maladie cardiovasculaire (HR : 1,143), l'incidence du cancer (HR : 1,13) et l'incidence du diabète de type 2 (HR : 1,91) (Biswas et al., 2015). Par rapport à l'obésité, une méta-analyse incluant 23 études a démontré un risque augmenté de 45 % d'être en situation d'obésité en ayant un CS élevé (Silveira et al., 2022). Une autre étude a mis en évidence que l'augmentation du temps de sédentarité était corrélée à une augmentation de la masse grasse, avec des mesures longitudinales, dans une cohorte avec des personnes prédisposées ou non à l'obésité (Creasy et al., 2018).

D'un point de vue des mécanismes physiologiques, le CS excessif et prolongé peut entraîner différents problèmes de santé, comme un dysfonctionnement vasculaire, une résistance à l'insuline, une réduction de l'aptitude cardiorespiratoire, une perte de masse et de force musculaires et de masse osseuse, une augmentation de la masse grasse corporelle totale et du dépôt de graisse viscérale, et une augmentation des concentrations de lipides dans le sang et de l'inflammation (Pinto et al., 2023).

c. Effet dose-réponse

Par rapport à l'effet dose-réponse pour le CS, des niveaux supérieurs de sédentarité sont associés à des risques plus élevés avec la santé. Une méta-analyse sur 34 études et plus d'un million d'individus a montré que l'association n'était pas linéaire entre le temps total de sédentarité et la mortalité toutes causes confondues ou la mortalité au travers des maladies cardiovasculaires (Patterson et al., 2018). Des résultats similaires se retrouvaient pour le critère de jugement du temps de télévision. Pour la mortalité toutes causes confondues et la mortalité due aux maladies cardiovasculaires, les seuils de 6 à 8 heures par jour de CS et de 3 à 4 heures par jour du temps de télévision ont été identifiés comme seuils au-delà desquels le risque de mortalité augmente. Une autre méta-analyse portant sur les risques de maladies cardiovasculaires a mis en évidence une association non linéaire entre le temps de sédentarité et les maladies cardiovasculaires incidentes avec un risque accru observé pour plus de 10 heures de sédentarité par jour (HR regroupé : 1,08) (Pandey et al., 2016). Les auteurs concluent que la relation entre le temps de sédentarité et le risque de maladies cardiovasculaires n'est pas linéaire, avec un risque qui n'augmente qu'à des niveaux très élevés. Par rapport à la dose-réponse de la fréquence du CS, une récente méta-analyse, incluant 13 études et 211 participants, a mis en évidence qu'interrompre le temps de sédentarité au moins toutes les 30 minutes pouvait être une stratégie idéale pour améliorer le contrôle de la glycémie (Yin et al., 2024).

Les études récentes sur le CS permettent d'affiner des seuils de durée et de fréquence à ne pas dépasser pour diminuer les risques pour la santé. Cependant, il manque encore des connaissances sur la dose-réponse du CS pour améliorer la compréhension de la relation, engendrant une difficulté d'établir des recommandations précises.

d. Recommandations

Les premières recommandations sur le temps sédentaire apparaissent seulement lors des recommandations de l'OMS de 2020, à la suite des études récentes sur l'épidémiologie du CS. Ces recommandations ne précisent pas de seuils à ne pas dépasser par jour, mais évoquent une réduction

globale du temps sédentaire (Bull et al., 2020). Un deuxième conseil est de remplacer le temps sédentaire par une AP quelle que soit son intensité (même d'intensité faible) afin de procurer des bénéfices pour la santé.

Au niveau français, les recommandations de l'ANSES datant de 2016 mettent en avant l'importance de réduire le temps total quotidien passé en position assise, mais également d'interrompre les périodes prolongées passées en position assise ou allongée, au moins toutes les 90 à 120 minutes, par une AP de type marche de quelques minutes (ANSES, 2016).

e. Niveau du CS

Au niveau international, une étude sur des données auto rapportées par questionnaire d'une cohorte de près de 50 000 adultes, répartis dans 20 pays différents, a estimé un temps moyen quotidien passé en position assise de 5 heures 45 minutes (Bauman et al., 2011). Des données collectées dans 10 pays entre 2002 et 2011, issues de l'accélérométrie, ont mis en évidence un temps moyen quotidien passé assis de 8 heures 36 minutes chez des participants de 18 à 66 ans (Dyck et al., 2015). Une étude similaire au Canada (entre 2007 et 2009) a estimé un temps moyen de sédentarité de 9 h 30 par jour (Colley et al., 2011).

Au niveau national, les dernières études s'appuyant sur des données représentatives de la population adulte française, mettent en évidence que 80,5 % d'hommes et 79,8 % de femmes passent plus de trois heures par jour devant un écran en dehors de toute activité professionnelle (Verdot et al., 2022). Les données de l'enquête Inca 3 ont mis en évidence un temps quotidien moyen de CS de 7 heures, avec un écart-type de 3 heures 21 minutes (ANSES, 2022). Par domaines, l'étude de l'ANSES a estimé que la durée de sédentarité au travail et dans les transports ne représente en moyenne que 22 % de la durée totale de sédentarité (respectivement 15 % et 6,7 %). Au contraire, le temps passé devant un écran dans le domaine des loisirs représentait environ 79 % de la durée totale du CS, avec notamment 49 % du temps passé devant la télévision.

3. Approche multi-comportementaux

S'intéresser aux déterminants du CP doit aussi permettre de se focaliser sur une compréhension multi-factorielle des comportements. Comme nous l'avons souligné au tout début, étant donné qu'un changement consacré à l'un des comportements liés au CP qui composent une journée de 24 heures modifiera le temps consacré à un autre comportement, la recherche émergente s'est penchée sur la manière dont ils peuvent interagir pour influencer les impacts sur la santé. En effet, les études qui ont examiné l'effet combiné du CP sur 24 heures sur la santé ont démontré que des proportions plus importantes d'AP d'intensité modérée à élevée par rapport au temps consacré à d'autres comportements est associée à des résultats positifs en matière de santé tout au long de la vie (McGregor et al., 2018). Les études ont également souligné l'importance de la compréhension combinée de ces comportements. Au sein du CP, il est donc intéressant de voir l'effet combiné de l'AP et du CS, qui sont les deux comportements en situation d'éveil.

L'étude de la relation entre l'AP et le CS montre qu'une AP plus importante peut permettre de réduire les effets néfastes d'un temps passé assis élevé (Ekelund et al., 2016). Cette méta-analyse sur des données auto-rapportées du CS et de l'AP a mis en évidence que 60 à 75 minutes par jour d'AP d'intensité modérée à vigoureuse réduisait les associations délétères d'un temps élevé de sédentarité. Par ailleurs, une autre étude sur des données auto-rapportées a démontré qu'un niveau élevé de temps sédentaire était associé à un risque de mortalité plus élevé uniquement pour les personnes n'atteignant pas le seuil de 150 minutes d'AP modérée à vigoureuse par semaine des recommandations internationales (Stamatakis et al., 2019). Ces tendances se retrouvent sur des données issues de mesures objectives réalisées par accéléromètres, où une méta-analyse sur 9 cohortes a mis en évidence que 30 à 40 minutes par jour d'AP d'intensité modérée à élevée permettait d'atténuer le risque de mortalité toutes causes confondues attribuable au temps sédentaire (Ekelund et al., 2020). Néanmoins ces résultats ne se retrouvent pas dans une étude récente sur des données mesurées par accéléromètres. Une étude prospective, utilisant les données de la UK Biobank, a en

effet démontré sur 72 174 participants (avec un suivi moyen de 6,9 années) que l'accumulation de 9 000 à 10 500 pas/jour était associée au risque de mortalité le plus faible, indépendamment du temps de sédentarité (Ahmadi et al., 2024). Par rapport à la référence de 2 200 pas/jour (5ème percentile), la dose optimale au regard de la mortalité toutes causes confondues se situait entre 9000 et 10 500 pas/jour pour un temps de sédentarité élevé (HR : 0,61) et faible (HR : 0,69). Concernant les maladies cardiovasculaires, pour un nombre de pas par jour à peu près équivalent, le risque de maladies cardiovasculaires était moins élevé pour un temps de sédentarité faible que pour un temps de sédentarité élevée.

Une étude récente se focalisait sur la combinaison entre l'AP et le CS avec des marqueurs métaboliques (insuline, lipides, glucose, indice de masse corporelle) et la condition physique (Farrahi et al., 2022). Les résultats ont mis en évidence que par rapport aux « couch potatoes » actifs, les « light movers » sédentaires, les « exercisers » sédentaires et les « movers » ont passé moins de temps dans un CS en pratiquant plus d'AP d'intensité légère. Ces trois profils présentaient des différences favorables dans leurs marqueurs de santé cardiométabolique après prise en compte des facteurs de confusion potentiels.

Comme nous l'avons précédemment montré, il est intéressant d'analyser le CP comme la combinaison de l'AP et du CS. Cependant, il est aussi intéressant d'analyser ces deux comportements au regard du sommeil. En effet, ces dernières années des études se sont intéressées à la répartition de ces trois comportements (activité physique, sédentarité et sommeil) au cours d'une journée de 24h (Tremblay et al., 2016). Il est opportun d'analyser si la modification d'un des trois comportements entraîne une modification dans les deux autres. Par exemple, si la réduction de l'AP augmente le temps de sédentarité ou le temps de sommeil. L'approche multi-comportementale permet ainsi de favoriser une compréhension globale des modes de vie des personnes. Les études utilisant des analyses compositionnelles ont pu mettre en avant qu'ajouter 2,5 minutes d'AP d'intensité modérée à élevée par heure de sédentarité quotidienne est associé à la même réduction du risque de mortalité toutes

causes confondues que celle obtenue en étant physiquement actif selon les recommandations de l'OMS (Chastin, McGregor, et al., 2021). Ces analyses ouvrent la voie à un affinement des recommandations.

L'approche multi-comportementale peut également s'intéresser à des comportements ancrés dans la nutrition, comme le comportement alimentaire. Des études se sont focalisées sur la compréhension de profils multi-comportementaux autour du CP et du comportement alimentaire, afin d'étudier leurs associations avec des indicateurs de santé (Alosaimi et al., 2023). Par ailleurs, ces profils multi-comportementaux gagnent à être analysés au regard des éléments contextuels des modes de vie. Ainsi, la compréhension des déterminants comportementaux pourrait influencer certains modes de vie de manière générale, et non pas un comportement en particulier.

Chapitre 2 Déterminants des comportements

1. Modèle « socio-écologique »

La compréhension du comportement des individus est un enjeu majeur pour cibler des leviers d'action, et transformer les comportements vers des niveaux d'AP plus élevés et des CS plus limités. Le modèle « socio-écologique » adapté à l'AP permet de comprendre les facteurs d'influence à différentes échelles (Bauman et al., 2012). Les facteurs d'influence se dessinent au niveau individuel, inter-individuel, environnemental, mais aussi au travers des facteurs politiques et sociétaux (voir Figure 4). Ces facteurs se retrouvent comme déterminants de l'AP, où une récente étude a ciblé 41 facteurs répartis en cinq domaines : les facteurs individuels et biologiques, les facteurs psychologiques, les facteurs comportementaux, les facteurs environnementaux, et les facteurs socio-culturels (Dygrýn et al., 2025).



Figure 4 - Facteurs influençant le comportement physique : modèle socio-écologique (issu de Oppert et al., 2005).

2. Déterminants individuels

Les déterminants individuels de l'AP regroupent l'ensemble des facteurs à l'échelle de l'individu, qu'ils soient biologiques, psychologiques (croyances, estime de soi, bénéfices perçus) ou comportementaux.

Les facteurs biologiques et individuels regroupent l'âge, le sexe, le niveau d'éducation, le revenu du ménage, le statut socio-économique, l'appartenance ethnique, le profil et la régulation génétiques, la graisse corporelle, l'état de santé, la fréquence cardiaque, les événements de la vie, et la condition physique (Dygrýn et al., 2025).

Les facteurs psychologiques sont également multiples, avec des niveaux de preuves différents selon les facteurs considérés (Cortis et al., 2017). Les principaux facteurs psychologiques liés à l'AP sont le plaisir, la fatigue, la motivation ou la fixation d'objectifs, le modèle parental, le contrôle comportemental perçu, la compétence perçue, l'auto-efficacité, et l'autorégulation.

Les facteurs individuels comportementaux sont par exemple l'utilisation de transport actif, les antécédents et habitudes, la participation à des sports organisés, l'utilisation du téléphone, le CS et le sommeil (Dygrýn et al., 2025). Les types d'AP pratiquées, notamment dans le domaine des loisirs, sont des déterminants du niveau d'AP, au travers des habitudes de vie. Il est donc important de s'intéresser à ce facteur pour mieux comprendre l'AP des individus.

3. Déterminants externes

Les déterminants externes du CP peuvent se regrouper en deux grandes catégories : les facteurs environnementaux et les facteurs socio-culturels. Les termes de contexte physique et de contexte social permettent de comprendre l'influence de ces deux grandes catégories sur le CP.

a. Les facteurs environnementaux

Les facteurs environnementaux sont nombreux. Ils regroupent l'accès aux installations sportives/récréatives, la disponibilité de programmes d'AP et d'équipements au sein des écoles et de

la communauté, l'accès aux espaces verts, les caractéristiques du quartier, l'offre d'AP dans l'espace de vie, la proximité de l'offre (parcs/terrains de jeux), et le temps passé à l'extérieur (Dygrýn et al., 2025). Un des éléments importants est l'accès à des environnements facilitant l'AP et des environnements sécuritaires. Par exemple, des études ont mis en évidence un lien entre la facilité à marcher dans son environnement et un niveau d'AP plus important (Wang et al., 2023), ou entre l'environnement construit et la durée d'AP (Devarajan et al., 2020). L'environnement physique de l'AP peut donc être un facteur positif comme négatif d'un meilleur CP. Cette relation passe également par la perception que les individus ont de leur environnement physique. Des études ont montré que les quartiers perçus comme agréables sont associés à un niveau plus élevé d'AP (Kloss et al., 2025). Une revue de littérature a mis en évidence des associations entre le niveau d'AP et certaines variables de l'environnement physique perçu, notamment les équipements pour la marche et le vélo, la vitesse et le volume de la circulation, la sécurité routière non spécifiée et l'accès aux installations de loisirs (Ding et al., 2011). Par rapport à la végétalisation des espaces, des études utilisant des accéléromètres et des systèmes de géolocalisation GPS (Global Positioning System) ont démontré des relations positives avec le niveau d'AP. Dans une population belge âgée de 58 à 65 ans, le temps passé dans des espaces verts était associé à plus d'AP par rapport au temps passé dans d'autres espaces (Dewulf et al., 2016). Dans la continuité de ces travaux, dans une population de femmes adultes aux Etats-Unis (22-82 ans), une étude s'appuyant sur l'indice de végétation par différence normalisée (NVDI) a mis en avant qu'un plus haut niveau d'AP avait lieu dans les zones plus vertes et plus propices à la marche (James et al., 2017). Un autre facteur peut être l'influence de la météo sur le niveau d'AP, notamment via l'impact sur l'AP réalisée en extérieur (Tucker & Gilliland, 2007). Cet impact ne se limite pas au domaine des loisirs mais peut impacter le domaine des transports par exemple (choix d'un moyen de transport plus adapté à une météo pluvieuse, et qui peut être plus sédentaire). Cependant, une méta-analyse sur l'ensemble des facteurs environnementaux met en avant le manque de preuve pour la majorité des facteurs étudiés chez les adultes (Carlin et al., 2017).

b. Les facteurs socio-culturels

Les facteurs socio-culturels liés au CP regroupent la compagnie, les perspectives culturelles, le soutien du groupe, de la famille et des pairs, et les contacts sociaux (Dygrýn et al., 2025). Il est important de s'intéresser à l'influence de l'entourage social pour expliquer les variations dans le CP des individus. La transformation de l'entourage social du CP, par exemple le fait d'être à plusieurs ou tout seul, peut être un levier d'action potentiel. Au niveau sociétal, les déterminants du CP se basent sur les croyances et les idéologies, et les normes corporelles véhiculées implicitement ou explicitement dans la société. Les facteurs politiques sont aussi importants dans la compréhension du CP. Ils permettent de comprendre l'évolution des modes de pensée mais également des comportements. Au niveau français, les politiques nationales comme le Plan National Nutrition Santé (PNNS) créé en 2001, avec le 5ème volet 2025-2030, permet de façonner des objectifs concernant le CP. La politique Stratégie Sport Santé Bien-être est également un autre exemple de politique de santé publique qui peut avoir une influence au travers d'actions de prévention et d'amélioration de l'environnement de la population (notamment via les infrastructures).

La compréhension des déterminants du CP, pour viser des transformations d'augmentation de l'AP et de réduction du CS, est un objectif important, mais qui a besoin d'outils de mesure adéquats afin de retranscrire les comportements au plus proche du réel. Il est en effet essentiel de mesurer l'AP d'une personne en évaluant le plus grand nombre de paramètres du CP, pour avoir une évaluation la plus exhaustive possible et ainsi mieux comprendre les déterminants du comportement. Nous allons donc nous intéresser aux différentes mesures du CP, à travers le prisme du contexte du comportement.

Chapitre 3 Mesure du CP et de son contexte

Il existe une multitude de méthodes de mesure du CP, comme par exemple l'observation directe, les questionnaires ou les capteurs accélérométriques (Welk, 2002). Néanmoins, chaque méthode ne permet pas de mesurer les mêmes paramètres du CP, ni de mesurer les paramètres avec la même précision. Les mesures du CP se distinguent principalement en mesures déclaratives (les questionnaires, carnets) et en mesures objectives (accéléromètres, calorimétrie, pedomètres...) (Welk, 2002). Afin de mesurer le CP et son contexte de réalisation il faut donc s'intéresser aux avantages et inconvénients de chaque méthode de mesure. Le Tableau 2 résume les avantages et limites des principales méthodes de mesure du CP. Nous présenterons en détails les méthodes par questionnaires, par accéléromètres et par l'évaluation momentanée écologique.

Une mesure du CP précise permet de mieux objectiver le comportement et ses paramètres. En effet, la précision et l'exhaustivité d'une mesure, qui peut mesurer l'ensemble des paramètres du CP, facilitera la compréhension et l'analyse du comportement et de ses déterminants, en permettant une approche plus systémique. Rennie et Wareham ont décrit les raisons d'avoir des mesures plus objectives pour les enquêtes épidémiologiques (Rennie & Wareham, 1998). Parmi les raisons, les auteurs mettent en évidence la possibilité d'améliorer les relations entre le comportement et les états de santé, de réaliser des comparaisons interculturelles grâce aux mesures objectives, d'avoir la possibilité de monitorer les tendances temporelles au sein des populations et de mesurer les interventions. Il est donc important de s'intéresser à cette précision de la mesure au travers des notions de validité et de reproductibilité.

Tableau 2 - Méthodologies d'évaluation du comportement physique : points forts et limites (adapté de Strath et al., 2013).

Caractéristiques	Questionnaires	Journaux / Carnets	Observation	Calorimétrie indirecte	Eau doublement marquée	Fréquence cardiaque	Accéléromètre	Podomètre	Unités multisensorielles
Points forts	<ul style="list-style-type: none"> • Faible coût • Faible charge • Pratique / facile à administrer • Applicables à de larges populations • Évaluation à un moment donné • Valide pour l'AP structurée • Classe les niveaux d'AP • Évalue différentes dimensions et domaines 	<ul style="list-style-type: none"> • Faible coût • Infos détaillées sur dimension s et domaines • Moins soumis au biais de mémoire 	<ul style="list-style-type: none"> • Bonne mesure subjective • Pas de rappel nécessaire • Bon contexte • Infos détaillées sur dimensions et domaines 	<ul style="list-style-type: none"> • Très précis et fiable • Bon critère de mesure AP et dépense énergétique 	<ul style="list-style-type: none"> • Référence pour la dépense énergétique • Faible contrainte 	<ul style="list-style-type: none"> • Faible charge à court terme • Peu coûteux • Bonne corrélation avec AP modérée à intense 	<ul style="list-style-type: none"> • Mesure directe du mouvement • Détaille intensité, durée • Stocke les données plusieurs semaines 	<ul style="list-style-type: none"> • Faible charge • Peu coûteux • Données faciles à traiter • Applicables à grande échelle • Peut motiver 	<ul style="list-style-type: none"> • Meilleure précision que capteur seul • Intègre plusieurs signaux
Limites	<ul style="list-style-type: none"> • Biais de rappel / désirabilité sociale • Doit être adapté à la culture • Faible validité pour AP de style de vie 	<ul style="list-style-type: none"> • Très contraignant • Analyse complexe et longue • Doit être adapté culturellement 	<ul style="list-style-type: none"> • Charge élevée pour observateur • Formation nécessaire • Comportement peut être modifié 	<ul style="list-style-type: none"> • Coûteux • Expertise technique requise • Durée limitée 	<ul style="list-style-type: none"> • Coûteux • Équipement et personnel formés nécessaires • Nécessite données métaboliques supplémentaires 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne distingue pas dimensions/domaines • Affecté par autres stimuli • Corrélation faible avec faible intensité 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne couvre pas toutes les activités • Activités haut du corps négligées • Analyse complexe 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne mesure pas l'intensité/type • Précision limitée • Faux pas possibles • Saisie manuelle parfois nécessaire 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût plus élevé • Port contraignant • Expertise technique parfois requise

1. Validité et reproductibilité des mesures

De manière générale, l'efficacité méthodologique d'une méthode de mesure est évaluée au travers de la validation et de la reproductibilité de cette mesure. La validation de l'outil de mesure vise à certifier qu'il mesure correctement le paramètre étudié (Carmines & Zeller, 1979). La plupart du temps, la validation des outils de mesure passe par des comparaisons à des méthodes de référence, il s'agit de la validation critériée. Cette forme de validation est basée sur le degré d'association entre l'instrument de mesure et une mesure critère valide. Afin de permettre d'évaluer le CP au travers de ses différents paramètres, comme la durée, la fréquence ou le type d'activité, chaque méthode de mesure de l'AP et du CS doit être validée pour permettre une évaluation juste et précise du comportement ciblé. Il existe plusieurs méthodes de validation : la validité simultanée permet d'évaluer de façon indirecte la corrélation entre une mesure de référence (« gold standard ») et la nouvelle mesure testée, et la validité prédictive permet d'examiner si la variable mesurée par le nouvel outil prédit correctement la valeur d'une méthode de référence (exemple de la prédiction de la dépense d'énergie à partir d'accéléromètre contre calorimétrie indirecte). En choisissant comme concept à mesurer la dépense d'énergie, les deux principales méthodes de référence sont la calorimétrie indirecte et l'eau doublement marquée (Strath et al., 2013). La calorimétrie indirecte repose sur la mesure de la dépense énergétique grâce à la mesure du débit ventilatoire, et des quantités d'oxygène consommées et de dioxyde de carbone produites. Elle est considérée comme la méthode de référence pour mesurer la dépense énergétique dans des conditions contrôlées en laboratoire. La méthode de l'eau doublement marquée permet la mesure de la dépense énergétique totale d'un individu en conditions de vie libre sur une période de 1 à 3 semaines. En combinant cette méthode à des mesures de la dépense énergétique au repos et à l'effet thermique des aliments, il est possible de calculer la dépense énergétique liée à l'AP grâce à la différence de taux d'élimination de deux isotopes stables ingérés par le participant. Les deux isotopes représentent la production de dioxyde de carbone pendant la durée de la mesure. Ces deux méthodes restent néanmoins relativement coûteuses et invasives à mettre en place.

La validation des méthodes d'évaluation du CP est souvent réalisée par une comparaison à la dépense d'énergie liée à l'AP pour estimer l'intensité du comportement (validité prédictive). Cependant, la comparaison à ces méthodes de référence n'est pas l'unique moyen de validation. De nombreuses études comparent une nouvelle méthode à une méthode plus ancienne, habituellement utilisée et validée, pour juger de la validité de la nouvelle méthode (validité simultanée). Ces comparaisons de méthodes de mesures sont réalisées sur d'autres paramètres que la dépense énergétique, comme les durées d'AP, le nombre de pas ou la fréquence cardiaque enregistrée. Les études de validation se réalisent en laboratoire ou en milieu de vie réelle, afin d'augmenter la fiabilité de la validation. Le processus de validation entre une méthode de référence et la nouvelle méthode de mesure se réalise grâce à la relation linéaire sur un des critères étudiés, ou sur la capacité de classement entre les deux mesures grâce à l'indice du Kappa de Cohen. Ce processus de validation peut révéler des erreurs de mesures systématiques, comme une sur-estimation ou sous-estimation globale. Mais l'erreur de mesure peut également varier en fonction d'autres paramètres comme l'intensité de l'AP.

Outre la validité, il est important de mesurer la reproductibilité de l'outil de mesure. La reproductibilité est la proportion de la variance totale des mesures qui est due à de "vraies" différences chez un participant (Nigg et al., 2020). Un outil de mesure reproductible permet de minimiser la variance de mesure entre deux moments de collecte. Il existe différents types de reproductibilité en fonction de l'outil et de l'expérimentateur. Premièrement, un même outil peut donner des mesures différentes d'un jour à un autre (reproductibilité intra-outil), et des outils différents peuvent ne pas donner les mêmes mesures lors d'un même jour (reproductibilité inter-outil). Deuxièmement, l'examineur peut jouer un rôle clé en impactant la mesure sur différents jours (reproductibilité intra-examineur), ou si plusieurs examinateurs sont impliqués dans la mesure, ils peuvent introduire un biais de mesure entre eux (reproductibilité inter-examineur). Dans le champ de mesure du CP, plusieurs facteurs peuvent affecter la reproductibilité d'une mesure (Welk, 2002) : la taille et

l'hétérogénéité de l'échantillon, le nombre d'évaluations, la précision de l'instrument de mesure, et la durée entre les évaluations.

Ainsi, les méthodes de référence (comme la calorimétrie indirecte) ont permis de créer et valider de nouveaux outils de mesure du CP, afin de faciliter leur mise en place, notamment pour des études épidémiologiques, comme les questionnaires ou les accéléromètres (Warren et al., 2010). Le coût et la facilité de mise en place des outils de mesure étant les deux principaux facteurs à prendre en compte pour l'évaluation du CP sur de grands échantillons.

2. Les principales méthodes de mesure du CP

a. Questionnaires

i. Types de questionnaires

Les questionnaires du CP permettent d'évaluer l'AP et le CS pour retranscrire les habitudes du participant. Cette méthode de mesure est facile à mettre en place, avec un faible coût financier et une facilité de collecte des données (en version papier ou électronique) (Shephard, 2003). Par ailleurs, les questionnaires permettent d'évaluer le CP avec un niveau de détail assez important, que ce soit en termes de durée, de fréquence, d'intensité, de types d'activité (marche, vélo...), et de domaines d'AP (travail, loisirs, transport, domestiques). Le contenu dépend du questionnaire en lui-même puisqu'il en existe un nombre important (Strath et al., 2013) (voir Annexe 1), les plus connus étant l'International Physical Activity Questionnaire (IPAQ), le Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ) et le Recent Physical Activity Questionnaire (RPAQ). En plus du contenu et des indicateurs obtenus (dépense énergétique, niveau global d'AP, durée d'AP à certaines intensités), les différents questionnaires se distinguent en termes de période de rappel, pouvant aller des sept derniers jours, aux douze derniers mois, voir à la vie entière (Vuillemin et al., 2012). Le dilemme important concernant les questionnaires est de trouver le ratio entre le détail souhaité, qui se retranscrit par le nombre de questions, et le temps de remplissage (en fonction du protocole). La plupart des questionnaires ont été validés par rapport à la mesure de la dépense énergétique liée à l'AP, comme critère gold-standard,

avec des protocoles de comparaison à une mesure d'eau doublement marquée ou de calorimétrie indirecte.

ii. Avantages et inconvénients

Les questionnaires ont l'avantage d'être peu coûteux, facile à mettre en place en version électronique ou papier, et de ne pas être invasif auprès des participants. Les questionnaires font souvent appel à une évaluation sur un temps long allant de la semaine précédente aux derniers mois pour évaluer les habitudes de la personne. Ce dernier point engendre le principal inconvénient de ce type de mesure. En effet, en demandant au participant de faire appel à ses capacités de mémoire, celui-ci ne peut se rappeler exactement du temps, de l'intensité et de la fréquence précise de ses périodes d'AP ou de temps passé assis (Shephard, 2003). Ce principal inconvénient s'appelle le biais de mémoire. De manière inconsciente il aura donc tendance à surestimer son AP (Shephard, 2003) ou sous-estimer son temps passé assis, en particulier pour l'évaluation de l'AP d'intensité faible qui est moins bien mémorisée que l'AP d'intensité plus élevée (Oppert, 2016). Une étude de validation a par exemple démontré chez les adultes une plus faible corrélation avec les critères de référence pour les AP d'intensité faible par rapport aux intensités élevées (Jacobs et al., 1993). A ce premier inconvénient s'ajoute le biais de désirabilité sociale, où le participant essaye de se présenter avec un comportement positif, et le biais de parrainage, où le participant tente de répondre conformément aux attentes supposées des chercheurs (Nigg et al., 2020). Le participant qui remplit le questionnaire devant un enquêteur ou seul chez lui, va essayer de répondre à certaines attentes qu'il a perçues en société, ou les attentes perçues par le chercheur et les objectifs de la recherche. Une autre limite est que les questionnaires doivent être validés dans la langue locale, ce qui ne fait pas toujours l'objet d'une validation à part entière (Vuillemin et al., 2012).

Pour finir, la validation des questionnaires d'AP avec les méthodes de référence n'est pas toujours optimale. Une revue systématique de 85 questionnaires a montré que la qualité des études évaluant les propriétés de mesure des questionnaires sur l'AP était plutôt médiocre (van Poppel et al.,

2010). La validité de construction a été évaluée dans 76 des questionnaires, principalement par des corrélations avec les données d'accéléromètre, l'absorption maximale d'oxygène ou les carnets d'activité. Par ailleurs, une étude a démontré que les mesures de l'AP par auto-évaluation (dont les questionnaires) étaient à la fois plus élevées et plus basses que les niveaux d'AP mesurés directement (notamment par accéléromètre et par eau doublement marquée) posant le problème de la confiance accordée aux mesures par auto-évaluation (Prince et al., 2008).

iii. Evaluation du contexte

Un des intérêts majeurs des questionnaires est qu'ils permettent de recueillir des informations sur le contexte physique et social du CP. Le plus souvent il s'agit de l'évaluation d'un contexte en particulier, et dans un domaine spécifique, comme le domaine des transports ou des loisirs (Almeida et al., 2021). Par exemple, des questionnaires évaluent si l'AP de loisirs se réalise en intérieur ou en extérieur, si elle se réalise seul ou à plusieurs, ou s'il s'agit d'une pratique encadrée ou non (Croutte & Müller, 2021). Cependant, les informations sur le contexte recueillies à travers les questionnaires mettent en évidence des habitudes générales de pratiques, et peuvent avoir du mal à différencier de multiples contextes chez un même pratiquant. Par ailleurs, les questionnaires utilisant ce type de questions se focalisent souvent sur la pratique sportive et le domaine des loisirs, délaissant les autres activités, que ce soit l'AP dans les autres domaines mais aussi le CS. D'autres méthodes semblent donc nécessaires pour recueillir des informations plus précises sur l'ensemble du CP de l'individu, tout en limitant certains biais de mesure.

Travail annexe sur l'évaluation du contexte par questionnaire

L'évaluation du contexte de l'AP à l'aide de questionnaire a fait l'objet d'un travail annexe durant la thèse issu de mon travail de Master 2, autour de la compréhension du type d'AP dans le domaine des loisirs en population générale (voir Annexe 2). L'objectif du travail visait à définir des profils comportementaux spécifiques au sexe, combinant AP de loisir et CS, et à évaluer leurs liens avec les

facteurs sociodémographiques et l'obésité à partir d'une enquête nationale en population générale. Les données ont été collectées entre 2014 et 2016 auprès d'un échantillon représentatif d'adultes français (étude transversale Esteban), à l'aide du Questionnaire Récent d'Activité Physique (RPAQ), permettant de recueillir le contexte du type d'AP. Chez 1491 femmes et 1157 hommes, des profils comportementaux ont été identifiés grâce à une analyse des correspondances multiples et une classification hiérarchique consolidée par une procédure k-means, basée sur les AP de loisirs les plus pratiquées et le temps d'écran dans le domaine des loisirs. Ces analyses ont permis d'identifier trois profils pour chaque sexe. Chez les femmes, le groupe 1 (61,7 %) regroupait des personnes physiquement inactives avec un temps d'écran élevé, associé à un niveau d'éducation plus faible (OR : 1,6) et à une probabilité plus élevée d'obésité (OR : 2,4). Les groupes 2 (22,2 %) et 3 (16,1 %) comprenaient des femmes pratiquant plusieurs AP de durée élevée ou faible, respectivement. Chez les hommes, le groupe 1 (39,9 %) incluait des individus avec un faible niveau d'AP et un temps d'écran élevé, associé à un âge plus jeune (OR : 3,9), à l'obésité (OR : 2,5), au célibat (OR : 0,3) et à la résidence en milieu urbain (OR : 0,5). Le groupe 2 (43,1 %) comprenait des hommes pratiquant principalement la marche, le vélo, le bricolage et le jardinage, tandis que le groupe 3 (17,0 %) regroupait des hommes pratiquant plusieurs AP, les deux groupes ayant un faible temps d'écran. Chez les deux sexes, le profil combinant inactivité ou faible AP et CS élevé était associé à l'obésité. Les autres profils différaient selon le sexe. Ces résultats peuvent orienter des interventions ciblées pour promouvoir des comportements de santé, en tenant compte des différences entre les sexes.

b. Accélérométrie

Les accéléromètres sont des petits appareils qui enregistrent l'accélération du corps dans l'espace. Ils peuvent mesurer cette accélération sur un ou plusieurs axes. Les accéléromètres permettent d'obtenir une mesure d'accélération du corps, souvent exprimée en unité de gravité (en g, sachant que $1g = 9,81 \text{ mètres/secondes}^2$) (Van Hees et al., 2013).

i. Types de capteurs accélérométriques

Les capteurs accélérométriques sont de différentes natures. De manière générale, les capteurs utilisent le même principe de fonctionnement, avec une masse qui réagit proportionnellement à l'accélération en provoquant l'étirement ou la compression d'un ressort ou d'un composant équivalent (Mukhopadhyay, 2015). Il existe principalement les capteurs à masse sismique et les capteurs piézoélectriques. Les capteurs à masse sismique ont une masse suspendue à une structure à ressort à l'intérieur de leur boîtier (Van Hees et al., 2009). Quand il y a un mouvement, la masse se déplace et engendre le déplacement du ressort qui va être transformé en un signal électrique proportionnel au déplacement des deux éléments, et donc proportionnel à l'accélération. Les capteurs utilisant le principe de la céramique piézo-électrique ont des cristaux au sein de leur boîtier, qui peuvent se charger électriquement lorsqu'ils sont soumis à une déformation (Vanhelst, 2019). Sous l'effet du mouvement, et de l'accélération du corps, les cristaux sont déformés et vont créer une différence de potentiel électrique, qui va être enregistrée proportionnellement à l'accélération.

Les capteurs permettent donc à partir d'une accélération du corps ou d'un segment corporel d'obtenir un signal électrique proportionnel à la dose d'accélération. Les données des capteurs sont transformées en unité de gravité sur chaque axe de mesure.

ii. Traitement du signal accélérométrique

Selon les capteurs, l'enregistrement des données d'accélérations se réalise sur un ou plusieurs axes, souvent appelés axes x, y et z. Sur les appareils enregistrant l'accélération en trois dimensions, un calcul est réalisé pour combiner les trois dimensions, grâce à la méthode du vecteur magnitude : $\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ (Euclidian Norm, voir Figure 5). Cependant, la méthode de calcul la plus utilisée est la méthode de l'ENMO (« Euclidian Norm Minus One ») qui ajoute la soustraction de la gravité (Van Hees et al., 2013).

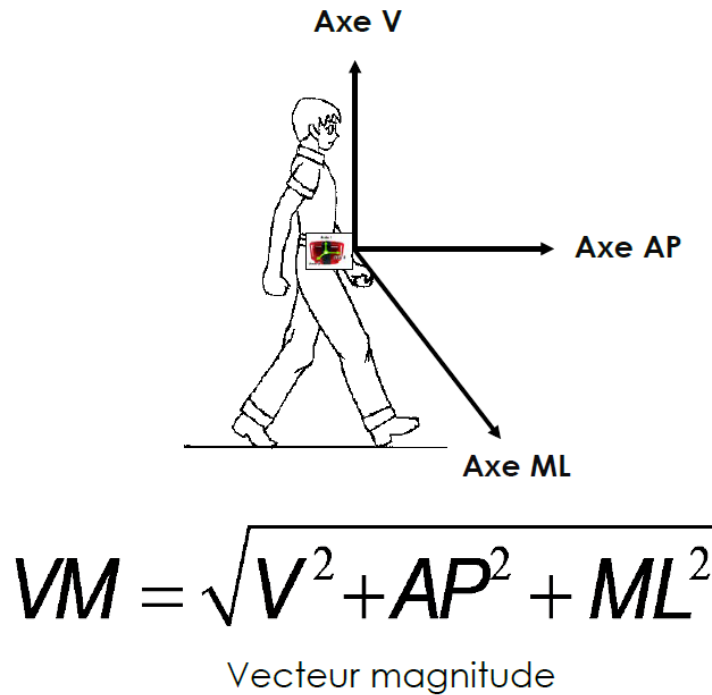


Figure 5 - Illustration des axes de mesure des capteurs accélérométriques, et de la méthode principale de calcul.
Axe vertical (V), axe médio-latéral (ML) et axe antéro-postérieur (AP).

Les données issues des capteurs accélérométriques peuvent s'extraire grâce au package GGIR du logiciel statistique R (Migueles et al., 2019) ou via les logiciels des constructeurs qui permettent d'avoir directement des variables construites (durée d'AP à certaines intensités, volume d'AP). Ces deux méthodes d'extraction des données nécessitent cependant d'établir des seuils pour faire correspondre le signal accélérométrique et les catégories d'intensité du CP. Des études de validation des seuils permettent de mettre en avant des repères par rapport aux unités de « counts » (coups/min), issus des données des logiciels constructeurs, ou directement par rapport aux données de gravité. L'étude de Migueles et collaborateurs compare par exemple différents seuils dans la littérature (Migueles et al., 2018), mettant en avant des différences par rapport aux positionnements des appareils. Par exemple, pour l'utilisation de l'accéléromètre Actigraph® porté à la hanche chez les adultes, les seuils correspondent à 69,1 mg et 258,7 mg pour l'AP d'intensité modérée et d'intensité élevée respectivement (Hildebrand et al., 2014).

iii. Les différents appareils accélérométriques

Il existe deux grands types d'appareils accélérométriques utilisés dans la recherche : les appareils de recherche et les appareils du commerce. Les premiers font l'objet de validations systématiques contre d'autres mesures de l'AP (notamment la calorimétrie), tandis que les seconds ont parfois des critères de validation non transparents, puisqu'ils ne sont pas diffusés à cause des enjeux de secrets d'entreprises. L'autre différence est la récupération des données issues des appareils. En effet, les appareils de recherche permettent d'obtenir les données brutes d'accélération du corps (exprimée en unité de gravité), alors que la plupart des appareils du commerce permettent seulement de récupérer des variables déjà construites, comme la durée d'AP d'intensité élevée. Il y a donc un manque d'informations concernant l'extraction des données sur certains appareils. Le manque d'information sur l'extraction s'ajoute de surcroît au manque de validation de certains appareils. Alors que la plupart des appareils accélérométriques sont validés par rapport à des méthodes de référence, comme la calorimétrie indirecte ou l'eau doublement marquée, certains capteurs ont des validations inexistantes ou non communiquées et accessibles. D'autres validations comparent un nouveau capteur accélérométrique à un ancien capteur accélérométrique, habituellement utilisé et validé, pour juger de la validité du nouveau capteur. Ces comparaisons de méthodes de mesures sont souvent réalisées sur des paramètres comme les durées d'AP, le nombre de pas ou la fréquence cardiaque enregistrée.

Il existe de multiples appareils accéléromètres destinés à la recherche scientifique. L'Actigraph® apparaît comme le plus utilisé ces dernières années (Migueles et al., 2017). Les appareils accéléromètres peuvent se porter à différents endroits du corps : au niveau de la hanche, de la cuisse et du poignet. Par exemple, l'accéléromètre ActivPAL® se porte sur la cuisse. Par ailleurs, certains appareils comme l'ActiGraph, peuvent se porter à différents endroits (hanche et poignet).

iv. Avantages et inconvénients

La plus-value des appareils accéléromètres est qu'ils peuvent se porter pendant plusieurs jours, voir plusieurs semaines, permettant d'évaluer le CP sur un temps long, et d'évaluer de manière objective les habitudes des individus et l'intensité de leur mouvement en réduisant les fluctuations sur le court terme (Welk, 2002). Certaines études ont montré qu'une évaluation par accéléromètre sur deux semaines permettait de pallier à un phénomène d'interférence des habitudes, où la deuxième semaine représentait mieux les habitudes du CP. En d'autres termes, le port d'un pedomètre comme dispositif nouveau a démontré une baisse du nombre de pas quotidiens moyens de 9898 à 8226 entre la première et la deuxième semaine (Clemes & Deans, 2012). Le temps de port de l'appareil semble être une variable confondante très importante à prendre en compte par rapport à l'interférence des habitudes liées au CP (Ullrich et al., 2021). Un autre avantage est que l'accéléromètre, avec son recueil de données longitudinales sur une certaine période, permet de mesurer le CP de la personne sur 24h, en décrivant son AP, son CS et son sommeil. Les approches d'analyses compositionnelles précédemment évoquées sont ainsi réalisables grâce aux données des accéléromètres.

Un des principaux inconvénients de l'accéléromètre est son coût financier d'achat (notamment en comparaison aux questionnaires), et une logistique de mise en place plus complexe par rapport à d'autres méthodes. Un autre inconvénient est la différence des accéléromètres utilisés dans les études ainsi que leur localisation au niveau du corps. Il y a une différence significative dans les valeurs d'accélération entre le placement de la hanche et du poignet, avec des valeurs généralement plus élevées pour le placement au poignet par rapport au placement à la hanche (Hildebrand et al., 2014). En effet, une autre étude a démontré que la classification des activités révélait une précision équilibrée moyenne de 89,4 % et 84,6 % sur quatre activités utilisant respectivement l'accéléromètre Actigraph® à la hanche et au poignet (Ellis et al., 2016). Par rapport à des conditions en vie libre, une autre étude a comparé le port de l'Actigraph® à la taille et au poignet dominant en conditions fixes en laboratoire (marche et course) et pendant 7 jours de vie libre (Tudor-Locke et al., 2015). En laboratoire, par rapport aux nombres de pas comparés visuellement, le placement à la taille donne de meilleurs résultats par

rapport au placement au poignet. En conditions de vie libre, l'accéléromètre porté à la taille a détecté 6743 (± 2398) pas par jour, contre 9301 (± 2887) pas par jour pour une fixation au poignet.

En outre, les accéléromètres peuvent ne pas détecter certains types d'AP, comme par exemple le vélo ou l'aviron, c'est-à-dire des activités qui n'impliquent pas de mouvement vertical significatif détectable par le capteur (Cheng et al., 2009). Par ailleurs, les appareils accélérométriques qui doivent être retirés pour des activités aquatiques ou des activités de contact sous-évaluent l'AP des individus.

v. Evaluation du contexte

La mesure par accéléromètre ne permet pas d'évaluer le domaine du CP, ou le contexte lié à l'activité, elle permet seulement de recueillir des indicateurs de durée, de fréquence ou d'intensité. Certaines études très récentes commencent à s'intéresser à la reconnaissance des types d'AP grâce à des algorithmes. Il est possible de déduire du signal accélérométrique l'activité pratiquée par le participant à un instant t . Cette évaluation du type d'activité est déjà possible sur certains appareils accélérométriques comme l'ActivPAL® qui est capable de détecter la marche ou le vélo (algorithme CREA), ou l'Actigraph® grâce à l'algorithme Actimetric (Ellis et al., 2016). La reconnaissance du type d'activité permet de compléter l'information autour de l'intensité de l'activité. Cependant, il manque des données du contexte physique (comme le lieu) ou du contexte social (comme l'entourage) pour permettre de comprendre dans quel cadre le CP est réalisé au quotidien.

En résumé, les appareils accéléromètres utilisés dans le monde de la recherche permettent d'améliorer la précision de la mesure de certains paramètres comme la durée, l'intensité ou la fréquence du CP. Cependant, ce type d'outils ne permet pas de mesurer des informations sur le type d'AP, ou sur des informations sur le contexte du comportement (lieu, entourage social, domaines...). Il est donc important de s'intéresser à des méthodes de mesures qui pourraient combiner les avantages de ces accéléromètres avec ceux des questionnaires plus standards.

c. Ecological Momentary Assessment (EMA)

i. Définition

L'Ecological Momentary Assessment (EMA) est une méthode visant à mesurer le comportement et son contexte de réalisation (Shiffman et al., 2008). La méthode d'EMA permet une évaluation en temps réel et en situation de vie habituelle avec des mesures qui se concentrent sur les états ou les comportements actuels ou très récents des individus (Stone & Shiffman, 1994). Cette méthode se caractérise par plusieurs mesures au cours d'une période donnée. D'abord développée pour la mesure de comportements défavorables à la santé comme le tabagisme ou la prise de stupéfiants (Shiffman et al., 2008), cette méthode a ensuite été utilisée dans la recherche en AP (Dunton, 2017; Dunton et al., 2014). Cette méthode s'appuie sur des dispositifs portables, comme le smartphone, pour évaluer sur l'instant (= « momentary ») le comportement réalisé (type d'AP, intensité d'AP...), mais également son contexte de réalisation (= « ecological ») comme le lieu, l'entourage social, ou des composantes psychologiques. L'évaluation du comportement et de son contexte se réalise le plus souvent via l'utilisation de questionnaires envoyés sur le smartphone, en utilisant des applications dédiées. Les questions déclenchées sur l'application questionnent alors le participant sur l'activité qu'il est en train de réaliser, sur le lieu et l'entourage social de cette activité ou encore sur les composantes psychologiques associées à cette activité. Des exemples de questions peuvent être : « Au moment où vous avez-reçu la notification, quelle activité étiez-vous en train de réaliser » avec des réponses à choix multiples ; « Dans quel endroit vous trouvez-vous en ce moment ? » avec des réponses à choix multiples ; « Comment vous-sentez en ce moment » avec une échelle analogique de « très fatigué » à « peu fatigué ». Ces questions se retrouvent dans deux grands types de questionnaires pour la méthode d'EMA : les questionnaires basés sur le temps et les questionnaires basés sur les événements (Shiffman et al., 2008). Le type de questionnaire ne modifie pas les données récupérées (structuration similaire du questionnaire et questions potentielles

similaires), mais davantage le moment et la représentativité des données en comparaison aux comportements réels des individus.

ii. Types de questionnaires

Les questionnaires EMA se distinguent en questionnaires basés sur le temps et en questionnaires basés sur un événement (Shiffman et al., 2008). La différence entre les types de questionnaires est le moment et la manière du déclenchement du questionnaire. Les questions posées au participant via une application smartphone restent les mêmes dans les différents questionnaires, et peuvent évaluer l'activité réalisée, le lieu, l'entourage social ou l'humeur.

ii.a. Les questionnaires basés sur le temps

Les questionnaires basés sur le temps (« time-based » en anglais) sont des questionnaires déclenchés sur le smartphone à des moments précis ou aléatoires au cours de la journée. Par exemple, soit toutes les trois heures à intervalles de temps réguliers, soit aléatoirement au cours d'une fenêtre de temps de deux heures.

ii.b. Les questionnaires basés sur les événements

Les questionnaires basés sur les événements (« event-based » en anglais) sont déclenchés en fonction d'un événement en lien avec le comportement évalué. Par exemple, si une personne se met à marcher 10 minutes ou qu'elle est assise depuis 30 minutes. L'objectif de ce type de questionnaire EMA est de récolter des informations à partir d'événements ciblés par le chercheur, afin de recueillir des éléments sur le comportement lui-même mais aussi sur son contexte de réalisation. Il y a deux moyens de déclencher ces questionnaires : via le participant ou via des outils de mesure.

Les questionnaires auto-rapportés

Les questionnaires auto-rapportés sont des questionnaires que la personne déclenche par elle-même sur son smartphone. Ils permettent de cibler des comportements que la personne est capable d'identifier pour pouvoir apporter de l'information supplémentaire. Dans d'autres thématiques, ce

type de questionnaire est utilisé pour demander aux participants d'évaluer leur comportement tabagique ou alimentaire (par exemple, un questionnaire à chaque fois qu'ils réalisent une prise alimentaire). Dans le champ de l'AP, les questionnaires auto-rapportés peuvent être utilisés pour cibler un comportement spécifique, comme le fait de réaliser une activité sportive spécifique ou de réaliser des CS spécifiques, comme regarder la télévision. L'un des principaux inconvénients est que le participant peut oublier de déclencher ce questionnaire, d'où la nécessité dans ce type de protocole d'avoir des rappels automatiques fréquents sur le dispositif utilisé.

Les questionnaires déclenchés par des outils de mesures

Les questionnaires déclenchés par des outils de mesure ou des capteurs (« sensor-triggered » en anglais) permettent d'automatiser le déclenchement des questionnaires, en évitant que le participant ait à se rappeler d'auto-initier le questionnaire. Les études sur le comportement physique, utilisent principalement des accéléromètres afin de déclencher des questionnaires lors d'événements visés. En effet, le dispositif portable est alors connecté à un accéléromètre (par exemple une montre connectée), qui va détecter des épisodes d'AP ou de CS. Par exemple, si un individu réalise une activité de marche depuis 10 minutes, le capteur accélérométrique va reconnaître le comportement cible, et via un serveur, va déclencher un questionnaire sur l'application du smartphone. Les données recueillies au travers du questionnaire permettent donc de compléter les informations du capteur accélérométrique, notamment des données sur le contexte du comportement. Les questionnaires basés sur les événements permettent donc une combinaison de l'évaluation par questionnaires et par capteurs accélérométriques, enrichissant ainsi les informations accessibles par le chercheur.

iii. Couplage accélérométrie

La méthode de l'EMA couplée à des accéléromètres apporte une réelle plus-value à l'évaluation de l'AP et du CS, puisqu'elle permet de combiner les informations du contexte aux informations dites objectives du comportement (Liao et al., 2015). Les informations recueillies peuvent en effet apporter des informations sur le lieu de l'activité, l'entourage social, et les composantes

émotionnelles de la personne durant l'activité ou apporter des détails sur l'activité réalisée à un instant donné (notamment le type d'AP). Les données du contexte peuvent alors être mises en relation avec des informations provenant du capteur pour étudier des associations entre le comportement mesuré objectivement et des informations collectées sur le contexte de ce comportement.

iv. Avantages et inconvénients

L'un des principaux avantages de la méthode de l'EMA est qu'elle améliore la précision de la mesure en diminuant le biais de mémoire (Shiffman et al., 2008; Litt et al., 2000). En effet, le caractère instantané de la mesure permet de favoriser une qualité d'information sans distorsion de la réalité à cause de la mémoire. Un autre avantage est la possibilité de collecter les données sur un temps long, permettant un suivi dans le temps mais aussi la compréhension des fluctuations temporelles sur une journée ou une semaine. Par ailleurs, la possibilité de mesurer le comportement et son contexte en situation de vie libre permet de mesurer de manière plus fidèle les habitudes des sujets.

Cependant, la méthode de l'EMA présente quelques désavantages, à commencer par le nombre de données manquantes (Dunton, 2017). En effet, puisque sur un protocole un nombre important de questionnaires peut être déclenchés, les participants ne répondront pas à tous les questionnaires. Les données manquantes sont alors un enjeu important à considérer, puisqu'elles ne doivent pas être associées à d'autres facteurs pour ne pas biaiser les analyses. Cet enjeu des données manquantes rejoint la limite de la méthode due à la charge des participants de remplir fréquemment des questionnaires. Cette limite met en avant l'enjeu de l'adhérence à cette méthode pour assurer un jeu de données de bonne quantité et qualité. Cette charge de protocole peut aussi être à l'origine d'interférence avec le comportement du participant, puisque « le fait d'être interrogé à plusieurs reprises sur l'activité physique peut amener les participants à envisager le comportement différemment ou à changer d'attitude » (Dunton, 2017, p. 11). Une dernière limite de la méthode de l'EMA est le coût de la méthode notamment au travers de l'application smartphone qui doit être développée et gérée pendant la durée du protocole. Le coût financier lié au smartphone n'est pas une

limite centrale, puisqu'il est de plus en plus faible grâce à la démocratisation de l'accès à ces appareils, et la possibilité que les participants utilisent leur propre téléphone portable.

v. Evaluation du contexte

Les études utilisant l'EMA pour analyser l'impact du contexte sur le CP sont récentes. Les études se focalisent bien souvent sur le contexte physique ou social (Papini et al., 2020). Dans l'une des premières études sur le sujet, Dunton et ses collègues montraient que les contextes sociaux et physiques de l'exercice et de la marche des adolescents variaient en fonction du sexe, du niveau d'étude, du jour de la semaine et de la saison (Dunton et al., 2007). Dans une étude sur des adultes, Liao décrit les contextes physiques et de l'entourage social de l'AP et du CS (Liao et al., 2015). Par ailleurs, cette étude, qui comprenait huit questionnaires EMA par jour et des données d'accéléromètres, a mis en évidence que lorsque les femmes se trouvent à l'extérieur de leur domicile (par exemple, dans la cour ou dans l'allée), elles affichent des niveaux d'AP plus élevés, tandis que les hommes affichent des niveaux d'AP plus élevés lorsqu'ils se trouvent dans des parcs extérieurs. De manière générale, les études mettent en évidence que la présence d'autrui ou d'interaction récente est relié à plus d'AP et moins de temps sédentaire (Papini et al., 2020). De plus, le fait d'être dehors, par rapport à l'intérieur, est en relation avec plus d'AP et moins de temps sédentaire. D'autres études s'intéressent à des composantes émotionnelles du CP. Une étude sur des personnes âgées a pu mettre en avant qu'un état de fatigue matinal était associé à un volume et une intensité d'AP plus faibles lors de la journée (Vetrovsky et al., 2021). Par ailleurs, cette étude a mis en évidence que suivre un programme d'AP basé sur un entraînement de faible intensité en résistance et puissance était associé à une AP plus faible dans le reste de la journée, par rapport aux jours sans session d'entraînement. Une autre étude portant sur une cinquantaine d'étudiants a mis en avant le caractère bidirectionnel de la relation entre l'affect et l'AP (Schultchen et al., 2019). Un affect négatif induisait une réduction de l'AP ultérieure, et des niveaux d'AP plus élevés induisaient moins d'affects négatifs et plus d'affects positifs par la suite. Par ailleurs, une plus grande variabilité de l'affect positif au niveau de la journée est associée à un niveau plus élevé d'AP ce même jour par rapport aux autres jours (Do et al., 2024).

Les données EMA permettent également de s'intéresser aux variations intra et inter sujets, ainsi qu'aux variations temporelles du contexte. Une étude sur des personnes âgées a démontré que les variations des contextes (physique/social), de l'affect et de la fatigue étaient principalement dues à des différences intra-sujet (Delobelle et al., 2025). Par ailleurs, les résultats mettent en avant des différences par rapport au moment de la journée, avec un affect négatif plus élevé le soir et une fatigue moins importante le matin. Les données provenant de protocoles EMA permettent donc d'enrichir la compréhension temporelle des comportements, grâce aux analyses temporelles de ses données longitudinales.

De manière générale, peu d'études s'intéressent à la population adulte générale, se focalisant le plus souvent sur les adolescents, les personnes âgées ou des populations de patients spécifiques. Par ailleurs, malgré un nombre important d'études utilisant de manière combinée des données EMA et des données accéléromètres, la littérature scientifique manque d'études sur la faisabilité et l'acceptabilité de la combinaison EMA-accéléromètre.

3. Faisabilité et acceptabilité des méthodes de mesures

Pour la sélection d'une technique de mesure, les chercheurs et les praticiens doivent tenir compte non seulement de l'efficacité méthodologique, telle que la validité, reproductibilité et la sensibilité, mais aussi de la faisabilité et de l'aspect pratique de la mesure (Dowd et al., 2018). Une des dimensions importantes à prendre en compte après avoir choisi une méthode validée est de voir si cette méthode est faisable et réalisable, c'est-à-dire facile à mettre en place sur le terrain. Que ce soit pour la mise en place d'interventions ou la surveillance des populations, une méthode qui s'implémente facilement auprès des participants permet de garantir une collecte des données de bonne qualité, mais aussi de bonne quantité (minimisation des données manquantes). Pour réaliser ce choix, il s'agit d'analyser les avantages et les inconvénients comme nous l'avons précédemment fait. Par exemple, Strath et collègues proposent un guide pour choisir le meilleur outil de mesure de l'AP en posant différentes questions, comme le nombre de personnes à inclure ou le budget disponible

(Strath et al., 2013). Le Tableau 2 résume les avantages et les limites des principales méthodes de mesure du CP. Le coût de la méthode de mesure est une dimension importante à prendre en compte, notamment car les méthodes les plus précises sont souvent les plus coûteuses. Un deuxième paramètre important à prendre en compte est la logistique de la mise en place de l'outil, c'est-à-dire la facilité de son implémentation auprès des participants. Le caractère invasif de la méthode est un dernier paramètre important qui renvoie à la charge de gestion de l'outil par le participant (rechargement, fixation difficile...). Le caractère invasif d'une méthode de mesure est en lien avec l'acceptabilité perçue par les participants.

Pour revenir au concept de faisabilité, il n'y pas de modèle théorique qui permet d'analyser la faisabilité dans son ensemble. La faisabilité semble multifactorielle au travers de la logistique de la méthode (coût, mise en place), de l'adhérence et de l'acceptabilité des participants. La faisabilité peut se diviser en une dimension subjective, qui renvoie à la notion d'acceptabilité, et une dimension objective, qui renvoie à la notion d'adhérence. Dans le champ des sciences comportementales, les auteurs utilisent la notion d'engagement qu'ils dissocient en une partie objective et subjective. Par exemple, Perski et collègues définissent l'engagement comme « (1) l'étendue (par exemple la quantité, la fréquence, la durée, la profondeur) de l'utilisation et (2) une expérience subjective caractérisée par l'attention, l'intérêt et l'affect » (Perski et al., 2017).

Nous allons donc nous intéresser aux notions d'acceptabilité et d'adhérence, comme partie subjective et objective de la faisabilité d'une méthode, pour mieux cibler les composantes sous-jacentes de ces concepts et mieux cibler les paramètres utilisés en recherche.

a. Acceptabilité

L'acceptabilité renvoie à la perception du sujet vis-à-vis de la méthode et de son utilisation. Elle peut se définir comme « la volonté manifeste, au sein d'un groupe d'utilisateurs, d'utiliser les technologies de l'information pour la tâche qu'elles sont censées soutenir » (Dillon & Morris, 1996).

En plus de l'aspect motivationnel, une dimension importante est le niveau de satisfaction des participants à l'égard de leur expérience (Crowley et al., 2022).

Il n'y a que très peu de modèles qui utilisent le concept d'acceptabilité. Le plus couramment utilisé est le modèle du Technology Acceptance Model (TAM) développé par Davis (Davis, 1989). Ce modèle développe deux sous-dimensions à l'acceptabilité : l'utilité perçue (« Perceived usefulness ») et la facilité d'utilisation perçue (« perceived ease of use »). Dans le cas de méthode de mesure, la deuxième dimension est la plus importante, puisque l'outil de mesure ne sert pas d'intervention, et n'est donc pas utilisé par le participant, au sens de moyen de transformation. Cependant, ce modèle n'est pas complet dans le cas de l'utilisation d'appareils accéléromètres ou d'un dispositif EMA. En effet, il s'agit de savoir si les personnes acceptent de porter l'appareil, ou de répondre à des questionnaires EMA sur l'AP. Il faut en général que le protocole et l'utilisation de la méthode ne prennent pas trop de temps, ou ne soient pas trop gênant à porter ou à utiliser tous les jours. Il est important que la perception du participant vis-à-vis du dispositif de collecte de données n'engendre pas une baisse de la qualité ou de la quantité de données collectées.

Dans la littérature, plusieurs dimensions de l'acceptabilité sont mises en avant comme la charge quotidienne, la facilité d'utilisation perçue, l'interférence avec les habitudes et la satisfaction éthique. Tout d'abord, la facilité d'utilisation perçue se définit comme le degré auquel l'utilisateur s'attend à ce que le système cible soit exempt d'efforts (Davis et al., 1989). Il est important que les appareils accéléromètres ou les dispositifs EMA soient faciles à utiliser dans la vie de tous les jours. Par exemple, il est nécessaire que les instructions de port des appareils soient compréhensibles et simplifiées pour permettre une bonne compréhension de la part de tous les participants. Par la suite, la charge quotidienne reflète l'ensemble des tâches que le participant doit réaliser lors de la phase de collecte, mettant en avant un temps dédié au protocole et l'influence sur le temps de port ou le temps d'utilisation du dispositif (Battaglia et al., 2022; K. K. Jones et al., 2016). Il a été démontré que les

dispositifs légers, non intrusifs et faciles à utiliser sont mieux acceptés par les utilisateurs (Wang et al., 2017).

Une autre dimension importante de l'acceptabilité est l'interférence avec les habitudes de la vie quotidienne (ou réactivité) (Battaglia et al., 2022; Helle et al., 2023). L'interférence est un phénomène transversal aux études sur le comportement, aussi appelé l'effet de « Hawthorne » (Wickström & Bendix, 2000). Il est représenté par une modification du comportement en lien avec une prise de conscience par le participant d'être surveillé lors de l'évaluation de ses habitudes. Dans le cadre de l'évaluation du CP, la réactivité se caractérise par une modification des comportements lors du port d'un dispositif de mesure (ici les accéléromètres ou l'application téléphone) (Dössegger et al., 2014). Il s'agit notamment de veiller à ce que les questionnaires EMA ne soient pas trop fréquents ou contraignants, et qu'ils soient programmés de manière à ne pas interférer avec les activités quotidiennes (Dunton, 2017). La dernière dimension de l'acceptabilité est la satisfaction éthique. En outre, il est essentiel de s'assurer que les participants consentent au partage de leurs données pour que l'utilisation de ces dispositifs soit possible dans le cadre de la recherche (Reichert et al., 2020).

Une fois les termes définis, il est essentiel de comprendre les outils et méthodes de mesure de cette notion d'acceptabilité. Les études sur l'acceptabilité utilisent différentes méthodes, avec soit une mesure par questionnaire soit une mesure par entretien avec les participants. Les deux méthodes ont leurs atouts et permettent d'avoir un aperçu de l'acceptabilité d'une méthode de mesure. Par rapport à leur proportion dans la littérature, une méta-analyse sur l'acceptabilité des appareils et des applications utilisées dans le champ de l'AP a mis en évidence sur 64 études, que la mesure de l'acceptabilité par questionnaire était utilisée dans 64 % des cas, et qu'une mesure par méthodes qualitatives était utilisée dans 53 % des cas (McCallum et al., 2018). Certaines études combinant les deux méthodes.

Par rapport aux questionnaires, comme le souligne une étude, beaucoup d'auteurs qui étudient la faisabilité des applications mobile utilisent deux options : l'utilisation de questionnaires

validés conçus pour les systèmes logiciels généraux, ou la création de leur propre questionnaire de faisabilité conformément aux lignes directrices générales de l'évaluation de l'acceptabilité et la faisabilité (Zhou et al., 2019). Parmi les questionnaires généralement utilisés, il y a le Post-Study System Usability Questionnaire, adapté du System Usability Scale (SUS) (Lewis, 2018), et le mHealth App Usability Questionnaire (MAUQ) (Zhou et al., 2019). Les questionnaires construits en fonction des études permettent d'affiner les questions par rapport aux appareils de mesure, et ainsi d'évaluer des dimensions plus précises par rapport à la question de recherche. L'élaboration d'un questionnaire d'acceptabilité des appareils accélérométriques a fait l'objet d'un travail durant la thèse, afin d'évaluer la perception des participants d'une cohorte épidémiologique, dans l'objectif d'y implémenter une mesure par accéléromètre. L'article de l'étude est présenté en Annexe 3. En résumé, dans une population de 126 adultes français, l'acceptabilité mesurée à partir d'un questionnaire construit sur le modèle TAM a révélé des différences significatives entre les trois accéléromètres (la montre Fitbit® portée au poignet, l'appareil Actigraph® porté à la hanche et l'appareil ActivPAL® porté à la cuisse). L'appareil FitBit® obtient le meilleur score moyen d'acceptabilité ($80,5 \pm 8,13$) ainsi que parmi différentes dimensions comme la facilité d'utilisation, le confort, et l'acceptabilité sociale. Au contraire, l'appareil ActiGraph® obtient le score le plus bas ($71,7 \pm 8,68$). L'étude permettait également de s'intéresser à l'adhérence des appareils qui est un autre paramètre important de la faisabilité.

b. Adhérence

L'adhérence se définit comme le passage à l'action par rapport à une prescription (Reach, 2023). Même si cette définition s'ancre dans les prescriptions médicales, l'auteur soulève l'importance de l'action de l'individu pour devenir adhérent. Le modèle fonctionnaliste des mécanismes mentaux qui conduisent à l'action met en évidence plusieurs facteurs influençant le passage à l'action (Reach, 2015). Il y a notamment le rôle des connaissances (c'est-à-dire savoir ce qu'il faut faire), des compétences (c'est-à-dire savoir comment le faire), du désir que quelque chose se produise et de la conviction que l'action permettra de réaliser ce désir. Les actions humaines sont également influencées par d'autres types d'états mentaux, en particulier les émotions (par exemple la peur ou le

stress). L'adhérence aux outils de mesure renvoie donc à ce processus de passage à l'action, soit par le port des appareils accéléromètres soit par la réponse aux questionnaires EMA. Le terme de compliance est largement utilisé dans la littérature EMA et dans la littérature sur les accéléromètres, et renvoie au même concept. Nous utiliserons principalement le terme de compliance à l'EMA, et d'adhérence aux appareils accélérométriques.

i. Compliance à l'EMA

Par rapport à l'EMA, l'adhérence au dispositif est calculée par rapport aux nombres de questionnaires remplis (exprimé en pourcentage) pour analyser la compliance sur des populations cibles. Le faible taux de participation aux études EMA est un phénomène courant, probablement imputable à la charge considérable imposée aux participants de répondre à des questionnaires répétés dans le temps (Hufford, 2007). Un niveau élevé de compliance est essentiel pour produire des données de haute qualité, en particulier en ce qui concerne les problèmes de données manquantes. En effet, les questionnaires EMA remplis peuvent être biaisés si la probabilité d'avoir des données manquantes est liée à des variables non observées et à des comportements d'intérêt, tels que des mauvais comportements pour la santé (exemple du CS) ou une humeur négative (Murray et al., 2023). Une méta-analyse portant sur des protocoles d'EMA, incluant 477 articles et évaluant différents comportements de santé (physique, mental, relations sociales...), a mis en évidence un taux de remplissage moyen de 79 % (Wrzus & Neubauer, 2023). Cette étude a également montré que seules neuf études utilisant l'EMA ont eu une compliance inférieure à 50 %. Une autre méta-analyse sur les comportements liés à la santé et aux concepts psychologiques a révélé un taux de remplissage moyen de 82 % (allant de 38 % à 98 %) dans 68 études (Williams et al., 2021).

Au niveau de la littérature sur le CP, les études évaluant la compliance de protocole utilisant l'EMA ciblent bien souvent des populations spécifiques comme les personnes âgées ou les adolescents. Les études sur les personnes âgées mettent en évidence une compliance élevée, sur des jeux de données agrégés, avec une compliance moyenne de 77,5 %, comprenant une étendue de 70 % à 86 %

(Compernelle et al., 2024), ou une compliance moyenne de 86 % (Yao et al., 2023). Une méta-analyse sur une population d'adultes âgés de 14 à 83 ans étudiait des paramètres cognitifs grâce à un dispositif d'EMA, avec un nombre de questionnaires quotidiens de 1 à 6 par jour pendant 1 à 14 jours (Moore et al., 2017). La compliance moyenne était de 79,2 %. Pour les adolescents, une méta-analyse sur les études du CP a rapporté une compliance moyenne de 80,6 %, avec une étendue de 40,2 % à 99,3 % (Wang et al., 2025). Il est important de bien définir la compliance, puisque selon les protocoles, un questionnaire rempli peut être synonyme de « faux remplissage » avec seulement un item rempli, pour ne plus avoir la notification du questionnaire (Dunton, 2017).

La compliance est influencée par différents facteurs, à la fois des facteurs socio-démographiques, des facteurs de design d'étude et des facteurs temporels. Par rapport aux caractéristiques sociodémographiques, l'effet du sexe sur la compliance paraît complexe et semble dépendre du protocole spécifique utilisé (Wrzus & Neubauer, 2023). En effet, cette méta-analyse montre que certaines études mettent en évidence une différence entre hommes et femmes, ce qui ne se retrouve pas dans d'autres études. Les auteurs suggèrent alors l'existence d'interactions complexes entre le sexe, le calendrier du protocole et les incitations des questionnaires EMA. La relation entre l'âge et l'observance semble non linéaire, l'observance la plus élevée étant observée à la fois chez les jeunes et les adultes plus âgés (Wrzus & Neubauer, 2023). Outre les facteurs individuels traditionnels, l'adhésion initiale au comportement évalué semble être un facteur déterminant. En effet, le niveau d'AP peut jouer un rôle dans la compliance à l'EMA, avec des motivations plus élevées chez les participants les plus actifs.

Les caractéristiques de la conception de l'étude, telles que le nombre de jours ou la présence d'une compensation financière, peuvent contribuer aux différences de la compliance moyenne à l'EMA. Certaines méta-analyses ont mis en évidence une relation négative entre le nombre quotidien de questionnaires déclenchés et la compliance (Wen et al., 2017; Williams et al., 2021), tandis que d'autres études n'ont pas trouvé cette association (Jones et al., 2019). En outre, certaines études ont

suggéré une relation potentielle entre un nombre élevé de questionnaires EMA et des taux de compliance plus faibles (Jones et al., 2019). L'utilisation d'un smartphone personnel a été associée à des taux de remplissage aux questionnaires EMA plus élevés (Reichert et al., 2020).

Par rapport aux facteurs temporels, la compliance semble varier en fonction du moment de la journée. Une étude menée auprès de personnes âgées a mis en évidence que les personnes normaux-pondérées avaient plus de chance de manquer un questionnaire EMA l'après-midi par rapport au matin (Maher et al., 2018). Une autre étude a mis en évidence que la compliance était plus faible le soir que le matin, avec un odds ratio de 0,82 (Compernelle et al., 2024). En outre, les évaluations du matin ont montré des taux de compliance plus élevés que lors des évaluations aléatoires réalisées tout au long de la journée, dans une étude portant sur le sevrage tabagique (Tonkin et al., 2023). En ce qui concerne les jours de la semaine, une étude utilisant un protocole comparatif, ayant pour but d'identifier les facteurs optimaux de conception par rapport à une adhérence maximisée des participants, a révélé que la compliance était significativement plus élevée les jours de semaine que les week-ends (Businelle et al., 2024).

ii. Adhérence aux appareils accéléromètres

L'adhérence aux appareils accélérométrique se définit par le temps de port de l'appareil par rapport aux consignes transmises aux participants. Le temps de port s'exprime alors sur 24 heures pour les appareils qui peuvent être portés pendant toute la journée et la nuit. Il est alors facile de calculer une adhérence au port de ces appareils. Cependant, si l'appareil doit être retiré la nuit (et potentiellement pour des activités aquatiques), le temps total potentiel de port de l'appareil n'est plus connu puisque dépendant du comportement de l'individu (notamment le temps de sommeil). Une étude sur les données de la cohorte UK Biobank a mis en évidence, sur plus de 100 000 participants portant de manière continue l'accéléromètre Axivity AX3 au poignet, que 80,6 % des participants ont porté l'appareil pendant au moins 150 heures sur les 168 heures prévues (Doherty et al., 2017). Néanmoins, cette étude, comme la plupart, ne retenait que les individus ayant au moins quatre jours

d'enregistrement valides, excluant donc certains participants qui pouvaient être représentés comme non adhérents à cette méthode de mesure.

Dans notre étude précédemment décrite, sur la faisabilité du port d'appareils accélérométriques dans une cohorte de 126 français, les trois appareils accélérométriques ont démontré une compliance élevée. L'appareil ActivPAL® a été corrélé à un temps de port journalier significativement plus élevé par rapport aux appareils Fitbit® et Actigraph® (voir Annexe 3). Cependant, malgré cette différence, tous les participants validaient l'évaluation de l'AP sur une semaine avec les trois appareils, correspondant à au moins quatre jours de mesures valides (temps de port supérieur à 10h par jour). Ce premier travail portant sur la faisabilité et l'acceptabilité d'une méthode de mesure du CP (par accéléromètres) a servi de base aux travaux de thèse qui vont cibler la combinaison de l'EMA avec des accéléromètres.

Objectifs de la thèse

Objectif général

L'objectif général du travail de thèse est de mieux mesurer le comportement physique quotidien en vie réelle par une méthode objective et en prenant en compte le contexte de réalisation, grâce à la méthode de l'évaluation momentanée écologique (en anglais, Ecological Momentary Assessment, EMA).

Objectifs spécifiques

Le premier objectif spécifique est d'étudier la faisabilité et l'acceptabilité de la méthode EMA appliquée à l'AP et au CS chez des adultes sains, afin d'évaluer son utilisation potentielle dans des études de recherche ou dans la surveillance de l'état de santé des populations à plus large échelle.

Le deuxième objectif spécifique est d'analyser l'influence du contexte de l'activité sur les CP d'adultes sains, afin de mieux comprendre les déterminants du comportement et d'aider à l'élaboration d'actions de prévention ciblées.

Méthodes

1. Schéma expérimental de l'étude

Le protocole réalisé dans le cadre de cette thèse fait partie d'un projet européen, le projet WEALTH (*Wearable sensors for the assessment of physical and eating behaviours*), qui a été réalisé dans quatre pays (France, Allemagne, République-Tchèque, Irlande). L'objectif général du projet est le développement de nouvelles méthodes de mesure du comportement alimentaire et du CP à partir de la méthode de l'EMA et des enregistrements accélérométriques. Les sous-objectifs principaux visent à développer des algorithmes de reconnaissance des types d'activités en condition de vie libre grâce à des analyses de Machine Learning, à analyser les relations temporelles entre le snacking et le CP, et à construire des profils multi-comportementaux à partir des différentes mesures et à étudier leurs relations avec des critères de santé. Nous allons présenter l'opérationnalisation de la procédure commune du projet au sein du centre français, qui comporte des spécificités par rapport au recrutement. Le centre français était représenté par le laboratoire EREN (Equipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle, Inserm/Inrae/Cnam, USPN, directrice Mathilde Touvier) avec comme investigateur principal le Professeur Jean-Michel Oppert.

De manière très synthétique, le protocole contenait trois phases principales de collecte de données :

1. Une visite d'environ trois heures par participant, qui se déroulait en laboratoire (Plateau d'investigation clinique de l'IHU Cardiométabolisme et Nutrition à l'Hôpital de la Pitié-Salpêtrière, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris, à Paris). Le but de cette visite était 1) de former les participants de l'étude au port des dispositifs d'accélérométrie (quatre appareils portables) et à l'application permettant l'évaluation écologique momentanée (EMA) sur smartphone et 2) de calibrer, pour chaque participant, les accéléromètres lors de la réalisation d'un protocole semi-structuré d'activités de la vie courante.
2. Une collecte de données de 9 jours en situation de vie habituelle combinant le recueil par les quatre accéléromètres portés et l'évaluation écologique momentanée (EMA). Cette collecte de données a commencé dès la fin de la session de calibration des outils de mesure, labellisé

comme premier jour (jour -1). Ce premier jour ainsi que le deuxième jour (jour 0) étaient des jours d'appropriation du protocole, où les participants se sont familiarisés avec les différents appareils dans leur environnement naturel. Les données des 7 jours suivants ont été incluses dans les analyses (jours 1 à 7).

3. Une collecte de données portant sur la faisabilité de l'étude lors d'une deuxième visite sur le même site que la première visite.

J'ai activement participé dans le cadre de ma thèse au montage du projet au niveau du centre français avec la validation éthique et de protection des données. L'implémentation de ce protocole européen en France a fait l'objet d'une validation auprès d'un Comité de Protection des Personnes (CPP), avec le deuxième niveau de Recherche Impliquant la Personne Humaine (RIPH2) auprès du CPP Ile-de-France VI (approbation n°2022-A02208-35). Par rapport à la protection des données, la mise en place du protocole a suivi la réglementation du Règlement Général de Protection des Données (RGPD), qui se détaille en France au travers de méthodologie de référence MR-001. Le montage juridique en lien avec la protection des données a été réalisé dans le cadre de cette thèse en partenariat avec les équipes compétentes de l'Université Sorbonne Paris Nord.

Cette première étape de montage du protocole a été suivie par les différentes étapes d'un projet de recherche, comme décrites dans la Figure 6. Nous allons présenter par la suite l'étude principale du projet qui permet de décrire et comprendre en détail le protocole, avant de présenter les spécificités de l'étude pilote.

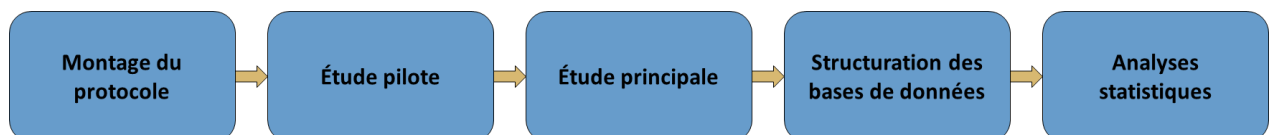


Figure 6 - Schéma présentant les grandes étapes du travail de thèse.

2. Etude principale

La collecte de données de l'étude principale au sein du centre français s'est déroulée de septembre 2023 à février 2024. Nous allons détailler la sélection de la population au sein du centre français, qui avait la particularité de s'appuyer sur une cohorte existante pour recruter des volontaires. Les centres de collectes de données des trois autres pays utilisaient des appels à participation auprès de volontaires via des flyers, affiches et communications par internet.

a. Population d'étude du centre français

Les participants étaient issus de la cohorte NutriNet-Santé. Il s'agit d'une cohorte en ligne portant sur la nutrition et la santé lancée en 2009 qui a inclus à ce jour environ 179 000 participants (appelés Nutrinautes) (Hercberg et al., 2010). Les participants de cette cohorte remplissent régulièrement des questionnaires en ligne (plateforme web dédiée), principalement sur leur comportement alimentaire, mais aussi sur leur CP et leur état de santé.

La première étape dans le choix de la population était l'identification des participants éligibles à l'étude à partir des données collectées dans le cadre du suivi de la cohorte NutriNet-Santé. Les critères d'inclusion étaient d'être âgés de 18 à 64 ans, de ne présenter aucune pathologie chronique particulière et de résider en Île de France. La sélection du lieu de résidence a été réalisée afin de faciliter l'accès à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière pour les visites en laboratoire.

Parmi les participants éligibles au sein de la cohorte NutriNet-Santé, deux campagnes de recrutement ont été réalisées par mail chez des participants tirés au sort, en respectant deux facteurs de stratification : sexe et âge. Ces campagnes représentaient respectivement 975 et 375 personnes. Chaque personne répondant positivement à cet appel à participation était ensuite contactée par téléphone. Cet appel téléphonique a permis de : 1) rappeler le déroulé de l'étude, 2) confirmer les critères d'éligibilité (délai entre le questionnaire d'appel à participation et la collecte des données impactant potentiellement la présence de pathologies mentionnées dans les critères d'exclusion), 3) vérifier la disponibilité du Nutrinaute pour réaliser la collecte des données sur une semaine, avec

disponibilité pour un créneau de trois heures (mise en place du matériel et protocole en laboratoire).

Les écarts entre le nombre d'appels à participation envoyés, le nombre de retours positifs à l'appel à participation, et le nombre de rendez-vous programmés est décrit dans le tableau ci-dessous (Tableau 3).

Tableau 3 - Tableau présentant le taux de réponses aux appels à participation et le nombre de rendez-vous réalisés au niveau du centre français chez les participants à l'étude NutriNet-Santé.

	Homme [18 - 40 ans[Homme [40 - 65 ans[Femme [18 - 40 ans[Femme [40 - 65 ans[Total
Appel à participation 1 ^{ère} campagne (N)	75	300	300	300	975
Réponse en fin de 1 ^{ère} campagne, N (%)	15 (20%)	57 (19%)	49 (16.3%)	50 (16.7%)	171 (17.5%)
Appel à participation 2 ^{ème} campagne (N)	75	75	75	150	375
Réponse en fin de 2 ^{ème} campagne, N (%)	14 (18.7%)	27 (36.0%)	20 (26.7%)	36 (24.0%)	97 (25.9%)
Appel à participation des 2 campagnes (N)	150	375	375	450	1350
Réponse à la fin des 2 campagnes N (%)	29 (19.3%)	84 (22.4%)	69 (18.4%)	86 (19.1%)	268 (19.8%)
Nombre de rendez-vous programmés	22 (75.9%)	60 (71.4%)	45 (65.2%)	48 (55.8%)	175 (65.3%)
Rendez-vous réalisés	19 (86.4%)	53 (88.3%)	40 (88.9%)	44 (91.7%)	156 (89.1%)

b. Critères d'exclusion

Des critères d'exclusion ont été appliqués afin de sélectionner des participants adultes, n'ayant pas de pathologie. La sélection a eu lieu dans un premier temps à partir des données de la cohorte NutriNet-Santé, pour envoyer l'appel à participation aux personnes éligibles (voir critères d'exclusion ci-dessous). Par la suite, l'appel à participation comportait à nouveau les critères de sélection, pour recenser si des éléments avaient évolué (notamment les pathologies). Pour finir, un entretien

téléphonique en amont de la première visite a été réalisé par une personne ressource pour vérifier les critères d'exclusion, en même temps que la planification d'un rendez-vous pour la première visite. Les critères d'exclusion étaient les suivants :

- Âge < 18 ans ou > 64 ans
- Personne sous tutelle ou sous curatelle
- Participant présentant une maladie chronique connue au moment de l'inclusion telle que cancer, diabète ou pathologie cardiovasculaire connue (de type angor, infarctus ou coronaropathie connue, artérite des membres inférieurs, accident vasculaire cérébral)
- Participant présentant une pathologie neuromusculaire, rhumatologique ou orthopédique limitant la mobilité
- Femmes enceintes
- Retrait du consentement avant le début de la collecte des données, ou à tout moment lors de la collecte des données.

c. Organisation et déroulement du protocole

Le déroulement de la collecte des données du projet de thèse était inscrit dans le cadre du projet européen WEALTH. L'ensemble des étapes réalisées sont décrites ci-dessous, et résumées dans la Figure 7.

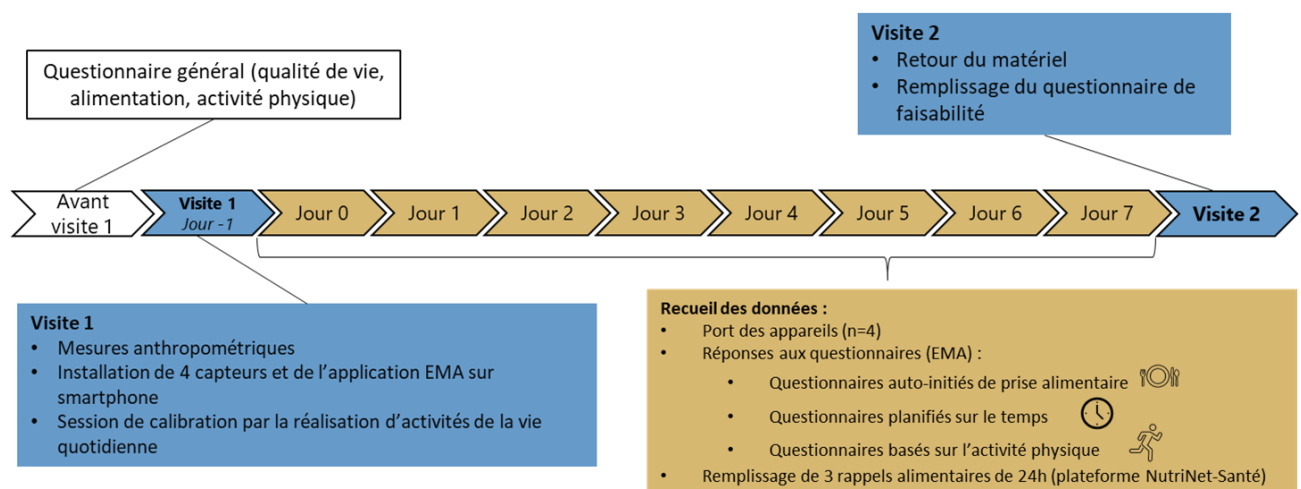


Figure 7 - Schéma présentant le déroulement du protocole WEALTH tel que réalisé dans le centre français.

i. Consentement et collecte des données en amont de la visite 1

Avant de se rendre à la visite initiale, les participants étaient invités à remplir un court questionnaire général dans lequel ils renseignaient des informations sociodémographiques, comportementales et de santé. Ce questionnaire était rempli sur la plateforme web NutriNet-Santé, via le compte individuel des participants Nutrinautes.

Le questionnaire général était composé de différentes parties afin d'évaluer des facteurs socio-démographiques (sexe, âge, niveau d'éducation, situation professionnelle), des facteurs comportementaux (tabac, alcool, activité physique, sommeil, alimentation, utilisation des médias), des facteurs de santé (qualité de vie, bien-être). La version du questionnaire général utilisé en langue française se retrouve en Annexe 5 (version développée sur l'interface web). Parmi l'ensemble des questions présentes dans le questionnaire général de l'étude, certaines étaient issues de questionnaires validés et largement utilisés dans la littérature scientifique. Tout d'abord, le questionnaire Short Form-36 Health Survey Questionnaire (SF-36) a été utilisé pour mesurer la qualité de vie des participants (Ware & Sherbourne, 1992). Ce questionnaire à 36 items, permet de mesurer 8 dimensions de la qualité de vie liée à la santé : la santé générale (5 items), la vitalité (4 items), la douleur corporelle (2 items), les limitations liées à des problèmes physiques (4 items), les limitations liées à des problèmes émotionnels (3 items), la santé mentale (5 items), le fonctionnement physique (10 items), le fonctionnement social (2 items). L'ensemble de ces dimensions peut se résumer en deux scores conformément aux recommandations du SF-36 (Ware et al., 1994) : un score composite physique et un score composite mentale. Le deuxième item du questionnaire peut également être exploité comme score à part entière en évaluant le changement de la santé perçue (« Par rapport à l'année dernière à la même époque, comment trouvez-vous votre état de santé actuel ? »).

Le questionnaire 5-item World Health Organization Well-Being Index (WHO-5) a été utilisé pour mesurer le bien-être des participants (Topp et al., 2015). Ce questionnaire à 5 items évalue cinq affirmations sur le bien-être des personnes au cours des deux dernières semaines, avec une échelle de

Likert à 6 points, allant de jamais à tout le temps. La somme des 5 items, qui va de 0 à 25, est ensuite multipliée par 4 pour obtenir un score de bien-être de 0 à 100. Un score plus élevé représente un meilleur bien-être.

Les questions permettant d'évaluer le comportement alimentaire des participants dans le questionnaire général étaient basées sur un questionnaire de fréquence alimentaire (Frequency Food Questionnaire, FFQ). Le questionnaire FFQ utilisé était le Adult's Eating Habits Questionnaire (AEHQ), qui est un questionnaire validé dans huit populations européennes diversifiées (Pala et al., 2019). Les participants ont été invités à indiquer via ce questionnaire la fréquence de leur consommation d'aliments au cours des quatre semaines précédentes. Les questions sur la fréquence des aliments ont été regroupées en 15 groupes d'aliments, à savoir : les légumes, les fruits frais, les boissons, les céréales du petit-déjeuner, le lait, les yaourts, le poisson, la viande et les produits à base de viande, les œufs et la mayonnaise, les substituts à la viande et les produits à base de végétaux, le fromage, les produits à tartiner, l'huile d'olive, les produits céréaliers et les snacks.

La partie du questionnaire général sur l'AP comprenait huit questions visant à évaluer l'AP dans les transports, dans les sports organisés et visant à évaluer le niveau global d'AP. Cette partie était suivie par six questions sur les habitudes de sommeil, afin d'évaluer le temps de sommeil habituel en semaine et durant le week-end.

La partie sur l'utilisation des médias comprenait quatre questions sur l'utilisation des réseaux sociaux, la fréquence et le temps de visionnage multimédia sur des écrans, la fréquence et le temps de jeux vidéo sur des écrans, et la fréquence d'utilisation du smartphone sur une journée habituelle. Ces questions ont déjà été utilisées et validées dans l'étude allemande IDEFICS (Suling et al., 2011).

ii. Visite initiale (visite 1)

Les participants sélectionnés étaient invités, par mail, à se rendre au Plateau d'investigation du bâtiment IE3M à l'hôpital de la Pitié Salpêtrière (AP-HP), à Paris 75013, géré par l'Institut Hospitalo-universitaire (IHU) ICAN (Institut Cardio-métabolisme et nutrition). Le déroulement de la première

visite se réalisait en trois étapes : 1) le recueil du consentement et la réalisation des mesures anthropométriques, 2) l'installation des capteurs accélérométriques et du dispositif de mesure de l'EMA, 3) la réalisation d'un protocole semi-structuré en laboratoire afin de calibrer les capteurs.

Tout d'abord, les participants devaient signer un consentement écrit après avoir reçu des informations sur le déroulement de l'étude et les risques encourus (Annexe 4). Les participants étaient invités à poser toutes les questions qu'ils voulaient afin qu'ils puissent s'engager dans le protocole de l'étude de manière éclairée.

ii.a. Données anthropométriques

Une fois le consentement signé, les participants étaient invités à se changer pour être en tenue plus légère, et plus confortable pour bouger. Ensuite, les données anthropométriques de poids, taille, tour de taille et force de préhension étaient mesurées. Le poids (en kg) était mesuré à 100 g près à l'aide d'une balance électronique (MyWeigh XL-550, HBI Technologies, Etats-Unis), sans chaussures. La mesure était répétée deux fois à cinq secondes d'intervalles, en demandant au participant de respirer normalement. Ensuite, la taille (en cm) était mesurée au mm près à l'aide d'une toise murale télescopique (SECA 206, Seca, Allemagne). La mesure était effectuée sans chaussures, en s'assurant que la tête du participant était bien droite (consignes données par rapport au regard lointain, et aux talons collés au mur). Le tour de taille (cm) était mesuré au mm près à l'aide d'un mètre ruban gradué inélastique (COMED, France). La mesure était réalisée à partir de repères osseux, à mi-distance entre le rebord costal inférieur et l'épine iliaque antéro-supérieure sur la ligne médio-axillaire. Il était demandé aux participants de respirer normalement pendant cette mesure, qui était répétée deux fois. Le protocole de mesure de la force préhension se réalisait de la manière suivante à l'aide du Handgrip Takei 5101 (Takei Scientific Instruments Co., Ltd, Japon) : participant debout, bras en extension, les participants devaient réaliser 2 essais avec chaque main en commençant par la main qu'ils considéraient comme dominante. Les essais main gauche et main droite étaient alternés, et entrecoupés d'un court repos.

ii.b. Installation du dispositif EMA

La deuxième étape de la première visite avait pour but l'installation du matériel, à la fois l'application EMA permettant de répondre aux questionnaires sur smartphone et les capteurs accélérométriques.

Dans un premier temps, le participant suivait les étapes présentées par le chercheur afin de connecter la montre Fitbit® à l'application smartphone utilisée comme outil d'EMA (application Health React®). Le participant devait donc télécharger l'application HealthReact® sur son téléphone, ainsi que l'application Fitbit®. Une procédure était ensuite suivie afin de connecter l'application Fitbit® au serveur et à la montre, ainsi que de connecter l'application HealthReact® au serveur de l'étude.

ii.c. Installation des 4 capteurs accélérométriques

Après l'installation de l'application EMA, il était indiqué à chaque participant comment positionner et porter les quatre accéléromètres : la montre FitBit® Charge 5 (Fitbit®, San Francisco CA, USA) sur le poignet non dominant, l'appareil ActiGraph® wGT3X-BT (ActiGraph®, FL, USA) sur la hanche droite à l'aide d'une ceinture élastique, l'appareil activPAL® fixé par adhésif sur la cuisse droite, et la montre LifeQ® portée au poignet dominant. Les caractéristiques des quatre capteurs accélérométrique utilisés dans l'étude sont présentées dans le Tableau 4. Les quatre capteurs utilisés dans le protocole ont démontré une validité satisfaisante, mais très variable entre les appareils. L'appareil activPAL a démontré une excellente fiabilité et validité dans la mesure du CS et des habitudes d'AP dans des conditions de vie libre (Edwardson et al., 2017). De même, l'appareil ActiGraph a démontré une fiabilité et une validité robustes dans l'évaluation des niveaux d'AP dans différentes populations et différents contextes (Aadland & Ylvisåker, 2015; Trost et al., 2005). A ce jour, il n'y pas de mesures de fiabilité et de validité pour le modèle Fitbit® Charge 5, mais les anciens modèles notamment le modèle Charge 4 a démontré une bonne fiabilité de mesure sur le nombre de pas sur un tapis roulant en comparaison de l'Actigraph (Waddell et al., 2024). Cependant, il a été relevé une surestimation du nombre de pas quotidiens dans les environnements de vie libre. Pour finir, le dispositif LifeQ® se caractérise par une application qui est téléchargée sur des montres Skagen (Skagen Designs Generation 6, Albertslund,

Denmark) ou Motorola pour mesurer le nombre de pas et la fréquence cardiaque. A ce jour, nous n'avons pas trouvé d'études de validation de ces appareils.

Tableau 4 - Tableau présentant les caractéristiques des quatre capteurs accélérométriques utilisés lors du protocole WEALTH. Adapté de Hayes et al. (2025).

	activPAL 3 micro	ActiGraph wGT3X-BT	LifeQ® smartwatch	Fitbit® Charge 5
Taille (mm)	23.5 × 43 × 5	33 × 46 × 15	32.5 pour le diamètre de la zone active	36.8 × 23 × 11
Poids (g)	10	19	100	29
Placement	Point médian de la partie antérieure de la cuisse droite	Crête iliaque droite	Poignet dominant	Poignet non dominant
Moyen de fixation	Imperméabilisé avec manchon en nitrile et tegaderm	Ceinture élastique	Bracelet	Bracelet
Capteurs internes	Accéléromètre triaxial	Accéléromètre triaxial	Accéléromètre uni-axial, moniteur de fréquence cardiaque	Accéléromètre triaxial, moniteur de fréquence cardiaque
Fréquence d'échantillonnage (Hz)	20-80	30-100	25	100
Plage d'amplitude du capteur (+/- g)	6	2-8	Non reporté	Non reporté
Connectivité (Wifi/Bluetooth/USB)	USB	USB & Bluetooth	Wifi, USB & Bluetooth	USB & Bluetooth
Durée de vie de la batterie	7-10 jours	7-14 jours	24-36 heures	7 jours

Le port des appareils est présenté dans la Figure 8. Les appareils commerciaux Fitbit® Charge 5 et LifeQ® étaient installées respectivement sur le poignet non dominant et le poignet dominant. L'appareil accélérométrique Actigraph® était installé sur la hanche droite, grâce à une ceinture élastique, avec comme consigne de toujours laisser le bouton noir vers le haut (pour standardiser le sens d'installation et les axes du capteur). Pour l'activPAL®, le participant était invité à réaliser la procédure d'installation par lui-même afin de faciliter la mémorisation de celle-ci. L'appareil était

installé sur la cuisse droite du participant à l'aide d'un dispositif d'étanchéité et de collage (capuchon et Tegaderm®). En effet, le participant devait enlever le capteur pour toutes les activités aquatiques, même s'il pouvait le garder pour la douche quotidienne (excepté le bain). Par rapport aux consignes de port des appareils, les deux capteurs Fitbit® et ActivPAL® étaient à porter en permanence, jour et nuit, et à retirer uniquement pour les activités sportives où le port de l'appareil pouvait blesser le participant, comme les sports de combat. Les deux autres appareils devaient être portés durant la journée, et retirés la nuit, par rapport au confort mais également pour permettre de recharger la montre LifeQ® (recharge quotidienne nécessaire). Les deux appareils devaient également être enlevés pour tout contact avec de l'eau, ainsi que pour des activités de contact (risque de blessure). Par rapport au rechargement de la batterie, la montre Fitbit® devait être rechargée une seule fois lors de la collecte des données, au cinquième jour de l'étude, pendant une heure. Les appareils ActivPAL® et Actigraph® avaient une batterie de durée de vie suffisante pour permettre un enregistrement sur 9 jours.



Figure 8 - Présentation des quatre capteurs accélérométriques utilisés pendant l'étude WEALTH.

Par la suite, il était présenté aux participants l'utilisation d'un journal de bord sur papier, où ceux-ci devaient remplir chaque jour pendant toute la durée du protocole des informations sur le sommeil (l'heure de coucher et l'heure de lever) et des informations sur le retrait des appareils

(appareils enlevés, durées et raisons). Il était conseillé aux participants de garder ce journal de bord dans un endroit bien identifié chez eux pour faciliter le remplissage quotidien du journal.

ii.d. Protocole semi-structuré en laboratoire

A la suite de l'installation du dispositif EMA et des accéléromètres, chaque participant suivait ensuite un protocole structuré de 1 heure et 15 minutes pour enregistrer avec chaque capteur le signal de mouvement correspondant à une succession d'activités codifiées. Le protocole structuré, conçu pour reproduire les activités de la vie quotidienne, comprenait des activités telles que la marche à différentes vitesses (marche lente et à un bon pas), la course à pied, le vélo stationnaire, des tâches ménagères et une session de prise alimentaire. Les différentes tâches successives sont décrites dans le Tableau 5.

Tableau 5 - Tableau présentant le déroulement du protocole semi-structuré en laboratoire de l'étude WEALTH.

Numéro	Temps	Type d'activité	Description de l'activité
Tâche 1	10 minutes	Sédentarité	1) Tâche 1A : les participants sont assis et remplissent des mots-croisés / lisent (1ères 5 minutes) 2) Tâche 1 B : les participants sont assis et regardent des vidéos courtes sur un écran (5 minutes restantes)
Tâche 2	6 minutes	Être debout	1) Être debout passivement, en détente, pendant 3 minutes (sans mouvement) 2) En restant debout, distribution d'une bouteille d'eau pour boire (3 minutes)
Tâche 3	5 minutes	Activité de faible intensité	Marche lente (2.5 – 4 km/heure) Vitesse individuelle, non contrôlée (« comme si vous vous promeniez ») Deux arrêts de 20 secondes inclus aléatoirement
Tâche 4	5 minutes	Activité d'intensité modérée	Marche rapide (par exemple 4.5 – 7/8 km/heure) Vitesse individuelle, non contrôlée (« comme si vous étiez pressé de rentrer chez vous » / « comme si vous aviez un bus à prendre »)
Tâche 5	4 minutes	Activité d'intensité élevée	Course à pied (par exemple 6.5 – 8.5 km/heure) Vitesse individuelle, non contrôlée
Transition 1	3 minutes	Transition	Repos court et déplacement dans la salle suivante

Tâche 6	8 minutes	Activité d'intensité modérée	<p>Laisser les participants choisir les activités et la possibilité de changer d'activités.</p> <p>Les participants n'ont pas besoin de réaliser toutes les activités disponibles, mais plutôt les activités avec lesquelles ils sont familiers.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réaliser des passes au pied avec ballon de football • Réaliser des passes de ballon à la main • Raquettes de plage • Frisbee
Transition 2	4 minutes	Transition	Repos et préparation pour l'activité vélo
Tâche 7	5 minutes	Activité d'intensité modérée	<p>Faire du vélo (sur un vélo d'appartement)</p> <p>Inclure au moins 2 arrêts de 20 secondes</p>
Transition 3	5 minutes	Repos	<p>Rangement des vélos et transition dans une autre salle</p> <p>2 dernières minutes : court repos assis</p>
Tâche 8	10 minutes	Activité de faible intensité	<p>Tâches domestiques, laisser les participants changer de tâches. Le participant A commence à passer le balai, le participant B commence à cuisiner, puis les deux participants inversent les tâches. Les participants n'ont pas besoin de réaliser l'ensemble des tâches !</p> <ul style="list-style-type: none"> • Balayer ou passer la serpillière (sans eau) • Couper des fruits • Etaler du beurre sur une tartine, préparer des sandwiches pour la tâche 9 (il est possible d'être assis à la table) • Mettre la table pour la tâche 9
Tâche 9	10 minutes	Manger un repas (avec boisson)	<p>Manger les aliments et boire les boissons fournies</p> <p>Sandwichs, légumes ou fruits, yaourts</p> <p>Séquence suivie :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Minute 1 : Boire dans une tasse (boisson froide) • Minute 2-3 : Utiliser un couteau/fourchette • Minute 4-5 : Utiliser une cuillère (céréales / yaourt) • Minute 6-7 : Manger avec les mains • Minute 7+ : Laisser les participants manger de la manière dont ils souhaitent

ii.e. Faisabilité et rappel des consignes

Pour finir, les participants remplissaient la première partie du questionnaire de faisabilité (voir Annexe 7). Les questions portaient sur la perception que les participants avaient de l'installation du matériel et du protocole semi-structuré de calibration.

Un rappel des éléments essentiels pour la bonne utilisation de l'application HealthReact® (pour l'EMA) et la bonne utilisation des capteurs accélérométriques était réalisé à la fin de la visite, afin de consolider la mémorisation des éléments essentiels.

iii. Collecte en vie quotidienne

Durant les 9 jours suivants le protocole standardisé, comprenant le jour de visite 1 (Jour -1) et le « Jour 0 », il était demandé aux participants de porter le plus souvent possible les quatre capteurs accélérométriques et de répondre aux questionnaires EMA dans le cadre de la réalisation de leurs activités habituelles. Le « jour 0 » servait de journée d'habitation pour le port des appareils (routine de port des appareils) et pour les procédures de réponses aux questionnaires EMA. Durant les 9 jours de collecte, les participants devaient s'assurer d'avoir le plus souvent leur smartphone disponible, et avec une connexion réseau, afin de recevoir les questionnaires EMA. Trois types de questionnaires étaient à remplir par les participants (voir Figure 9).

Premièrement, les questionnaires basés sur le temps comprenaient sept enquêtes à des horaires fixes de la journée (08:00-09:45 enquête du matin, 10:15-11:45, 12:15-13:45, 14:15-15:45, 16:15-17:45, 18:15-19:45 enquêtes quotidiennes, 20:15-21:45 enquête du soir) déclenchées aléatoirement dans les fenêtres de temps prédéfinies. Ces fenêtres ont été conçues avec un décalage temporel afin de garantir que les questionnaires soient espacés d'au moins 30 minutes.

Deuxièmement, les questionnaires basés sur les événements étaient quant à eux déclenchés par la montre Fitbit® porté sur le poignet non dominant des participants. La montre Fitbit® indique le nombre de pas par minute et plusieurs enregistrements de la fréquence cardiaque par minute, ce qui permet de détecter par exemple de courtes périodes de marche (Delobelle et al., 2024). Il y avait 3

règles de déclenchement de questionnaires EMA basés sur l'enregistrement de la vitesse de marche (pas/minutes) par la montre Fitbit®.

- 1) Position assise : au moins 20 minutes consécutives sans pas
- 2) Marche : au moins 5 minutes consécutives (entre 60 et 140 pas/minutes)
- 3) Course : au moins 5 minutes consécutives (supérieur à 140 pas/minutes)

Un maximum de deux questionnaires sur la position assise ont été administrés dans les créneaux horaires 8:00-14:00 et 14:00-20:00. Les enquêtes de marche et de course à pied avaient toutes les deux un maximum de trois enquêtes par jour. Les participants ont été invités à répondre aux questionnaires dans les 15 minutes suivant le déclenchement. Ils ont été rappelés trois fois pendant la période de validité de 15 minutes du questionnaire : après 5 minutes, après 10 minutes et 3 minutes avant l'expiration du questionnaire.

Troisièmement, les questionnaires alimentaires étaient auto-initiés via l'application Health React®, sur le téléphone portable des participants. Les participants devaient renseigner chaque prise alimentaire, à savoir au petit-déjeuner, au déjeuner, au dîner, lors des collations et chaque prise de boisson (sauf pour l'eau).

Durant cette phase de collecte, un monitoring était réalisé pour permettre de suivre les différents problèmes rencontrés par les participants, notamment les problèmes techniques. Un retour d'information quotidien permettait de surveiller le taux de réponse de la veille pour résoudre le plus rapidement possible certains problèmes techniques : mauvaise synchronisation, bug technique avec réinstallation... Ce retour d'information était déclenché automatiquement sur une boîte mail dédiée, tous les jours à dix heures du matin. Lorsque le taux de réponse était faible ou que la synchronisation de la montre Fitbit® avec l'application était supprimée, les participants étaient appelés par téléphone pour résoudre en temps réel le problème, et permettre de maximiser le taux de réponse tout au long du protocole. Ces échanges étaient réalisés avec bienveillance, en rappelant l'importance de ne pas se

mettre en danger (par exemple de répondre sur le téléphone en conduisant) et en respectant les différentes contraintes de la vie quotidienne (professionnelle ou familiale par exemple). Les problèmes récurrents étaient des problèmes de synchronisation à la suite de la fermeture d'une des deux applications, Fitbit® ou HealthReact®. Le participant était alors guidé au téléphone pour réaliser à nouveau la procédure de synchronisation, et le bon fonctionnement de la synchronisation était vérifiée en direct.

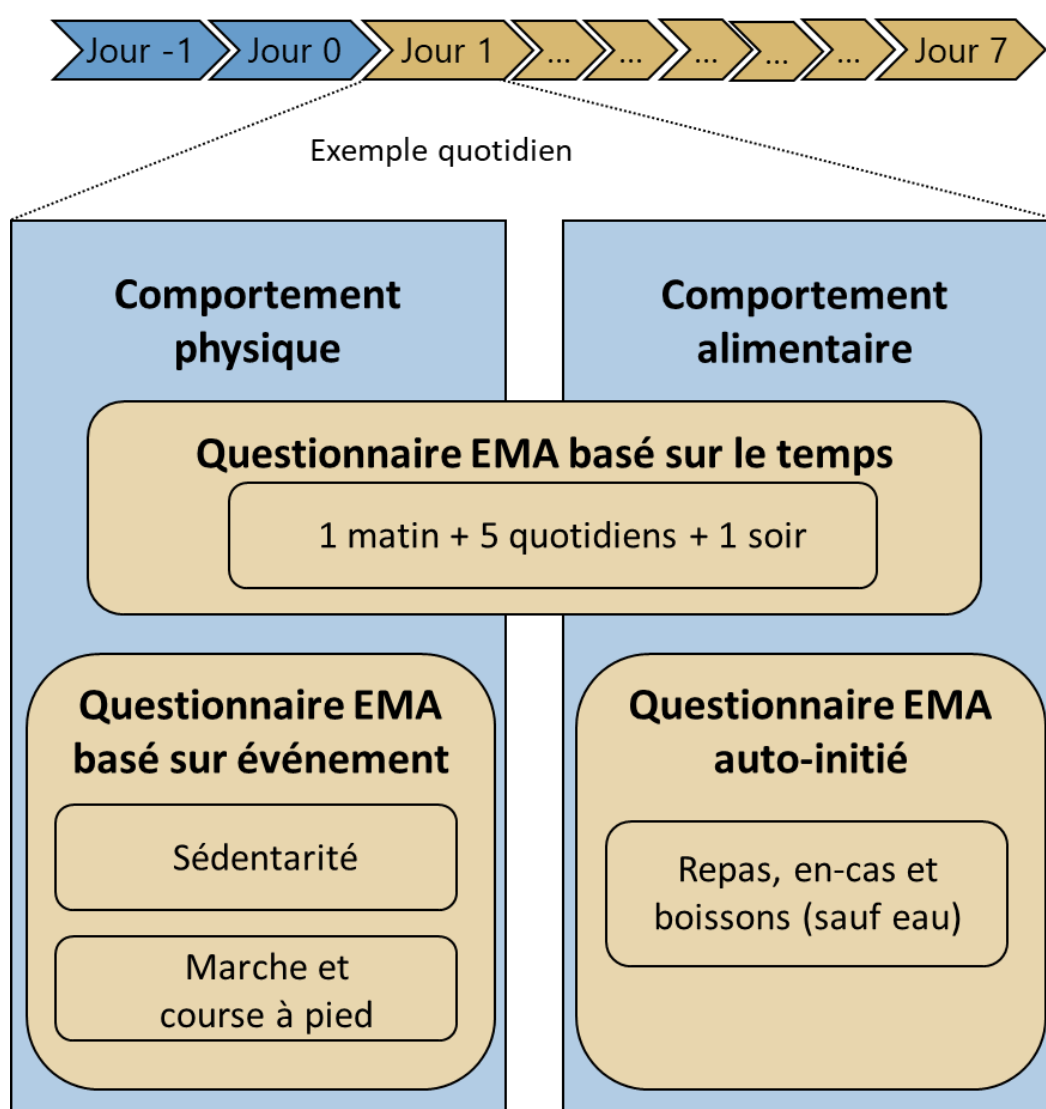


Figure 9 - Schéma récapitulant des différents questionnaires EMA sur une journée au cours du protocole WEALTH.

iii.a. Détails des questionnaires EMA

Les questionnaires EMA comportaient différentes questions sur l'activité réalisée sur l'instant, son contexte et les activités futures (voir Annexe 6). Les questionnaires quotidiens comprenaient 9 questions portant sur le comportement, l'état affectif, la sensation de fatigue et les fringales. Les questions sur l'état affectif étaient issues du questionnaire Multidimensional Mood Questionnaire (MDMQ), une échelle de mesure de l'humeur initialement développée en langue allemande (Steyer et al., 1997). Trois dimensions étaient évaluées : la valence (allant de désagréable à agréable), la sérénité (allant de agité/sous tension à calme/détendu) et le niveau d'éveil énergétique (allant de fatigué/sans énergie à éveillé/plein d'énergie) (Wilhelm & Schoebi, 2007). Les participants répondaient à l'affirmation « à cet instant comment vous sentez-vous ? », au travers de 6 échelles analogiques allant de 0 à 100, qui présentaient les 3 dimensions avec une dimension positive et une dimension négative (Figure 10). Les six échelles analogiques avaient donc les extrémités suivantes : mal en point-bien (V+), content-mécontent (V-), agité-calme (S+), détendu-tendu (S-), fatigué-éveillé (E+), plein d'énergie-sans énergie (E-). Une question supplémentaire visait à évaluer la fatigue, à travers l'item « Quel est votre niveau de fatigue maintenant ? », où le participant devait remplir une échelle visuelle analogique, ayant pour extrémités « Aucune fatigue » à « Extrême fatigue ».

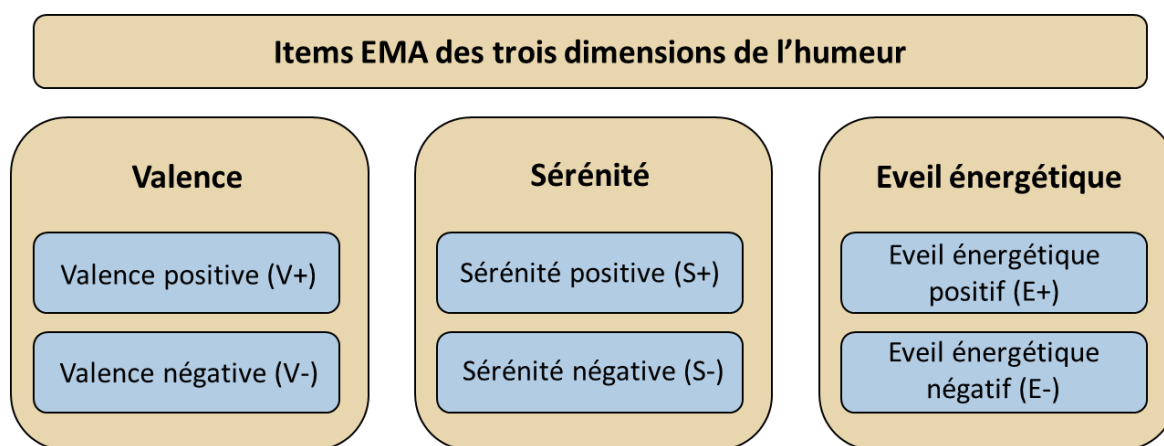


Figure 10 - Résumé des items (en bleu) évaluant les trois dimensions de l'humeur dans les questionnaires EMA.

Les questionnaires du matin comprenaient les mêmes questions que les enquêtes quotidiennes, ainsi que 5 questions supplémentaires pour évaluer la durée et la qualité du sommeil. Les questions sur le

sommeil étaient adaptées du questionnaire Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) (Manzar et al., 2018). Le questionnaire du soir comprenait les mêmes questions que les enquêtes quotidiennes, plus 5 questions supplémentaires pour évaluer le bien-être général pour la journée concernée. Ces 5 items provenaient du questionnaire 5-item World Health Organization Well-Being Index (WHO-5) (Topp et al., 2015).

Les questionnaires événementiels comprenaient des questions communes pour les questionnaires de sédentarité, de marche et de course à pied, visant à évaluer l'action réalisée au moment de la notification, le niveau de fatigue (voir question ci-dessus) et l'envie de consommation d'aliments spécifiques. Par la suite, il était demandé aux participants de renseigner leur lieu (« Où êtes-vous maintenant ? ») et leur entourage social (« Avec qui êtes-vous maintenant ? »), grâce à des questions à choix multiples (voir Annexe 6). Pour les questionnaires événementiels de la marche et de la course à pied, les six questions sur l'humeur étaient également demandées aux participants.

Les questionnaires alimentaires comprenaient 8 questions portant sur la catégorie de la prise alimentaire, les détails de la collation ou de la boisson, le lieu, l'entourage social et le comportement concomitant et précédent. Toutefois, les participants n'étaient pas invités à préciser les composantes de leur comportement ou les aliments des repas.

The figure displays four sequential screenshots of the HealthReact application interface, each titled 'Enquête quotidienne 1'. The status bar at the top of each screen shows 'Orange F 23:31' and various connectivity icons.

- Screen 1:** 'Que faisiez-vous juste avant de recevoir la notification ?'. It features a list of activities with checkboxes: 'Je consommait uniquement une boisson, une collation ou un repas', 'Je regardais la TV', 'J'utilisais un ordinateur/un smartphone', 'J'écoutais (la radio, de la musique, un podcast, etc.)', 'Je lisais', 'Je jouais', 'J'étais dans un moyen de transport (voiture, bus, train)', 'J'étais en mouvement (marche, faire les courses, etc.)', 'Je faisais du sport', 'J'étudiais / j'étais à l'école', and 'J'effectuais des travaux administratifs (par exemple, sur un ordinateur)'. A progress bar at the bottom shows the first question is selected.
- Screen 2:** 'Comment vous sentez-vous EN CE MOMENT ?'. It includes a horizontal slider scale from 'Très fatigué(e)' to 'Pleinement éveillé(e)'. The slider is positioned towards the 'Pleinement éveillé(e)' end.
- Screen 3:** 'Comment vous sentez-vous EN CE MOMENT ?'. It includes a horizontal slider scale from 'Très content(e)' to 'Très mécontent(e)'. The slider is positioned towards the 'Très content(e)' end.
- Screen 4:** 'J'ai un désir intense de manger un ou plusieurs aliments spécifiques.'. It features a vertical list of five radio button options: 'Pas du tout d'accord', 'Pas d'accord', 'Ni en désaccord ni d'accord', 'D'accord', and 'Tout à fait d'accord'. The 'Ni en désaccord ni d'accord' option is selected.

Figure 11 - Présentation de l'interface de l'application HealthReact®, grâce à l'exemple de quatre questions issues du questionnaire d'enquête quotidienne.

iii.b. Enregistrement alimentaire de 24 heures

En plus des enquêtes sur les repas, les collations et les boissons de l'EMA, les participants ont rempli trois enregistrements alimentaires de 24 heures non consécutives (24-hour dietary recall, 24HDR) sur la plateforme en ligne NutriNet-Santé. Les participants des autres pays remplissaient les 24HDR sur la plateforme SACANA (Self Administered Children, Adolescent and Adults Nutrition Assessment 24-hour Dietary Recall). L'évaluation des consommations alimentaires par la méthode des enregistrements des 24HDR a été validée par rapport à la méthode de référence des biomarqueurs dans la web cohorte NutriNet-Santé (Andreeva et al., 2016; Lassale et al., 2015). Un tirage aléatoire était organisé afin que les participants réalisent au moins trois 24HDR pendant deux jours de semaine non consécutifs et un jour de week-end au cours des neuf jours de collecte des données en vie habituelle. La plateforme NutriNet-Santé en ligne a fourni un horodatage pour chaque occasion de prise alimentaire ou de boisson, ainsi que les types de consommations, le lieu, l'entourage social et les activités réalisées simultanément. Pour évaluer leur consommation alimentaire, les participants

devaient renseigner chaque aliment et boisson consommé lors des repas et en dehors des repas, en détaillant le produit précis grâce à un moteur de recherche, ainsi qu'à un scanner relié à des bases de données sur les produits retrouvés en supermarché et en restauration collective. Une fois le type d'aliment renseigné, il était demandé aux participants de quantifier chaque portion grâce à la méthode des manuels photos présentant des portions d'aliments dans des assiettes (Le Moullec et al., 1996).

iv. Visite retour (visite 2)

Lors de la deuxième visite, qui pouvait prendre place entre un jour et une semaine après la fin des 9 jours de collecte des données selon les disponibilités, les participants rendaient les quatre appareils accélérométriques, et désinstallaient l'application Fitbit® et l'application HealthReact® de leur smartphone. A la suite de cette première étape, un questionnaire de faisabilité était rempli en version papier par les participants de façon anonyme, visant à évaluer leur perception de l'étude. Ce questionnaire comprenait cinq parties : le protocole structuré en laboratoire, les appareils accéléromètres, les enquêtes sur le téléphone au cours de la journée (questionnaires EMA), les questionnaires alimentaires sur la plateforme NutriNet-Santé, et le retour global sur l'étude. Les questions comprenaient une échelle Likert en cinq points, dont la notation était similaire à celle des études précédentes (Jones et al., 2016; Spook et al., 2013), allant de 1 (pas du tout d'accord) à 5 (tout à fait d'accord). Le questionnaire détaillé est présenté en Annexe 7.

Quelques semaines après la réalisation du protocole, les participants recevaient par mail un compte rendu résumé de différentes données sur leur comportement pendant le protocole. Ces informations comprenaient des données d'AP, de temps passé assis et de sommeil (voir Annexe 9).

3. Etude pilote

Une étude pilote a été réalisée en amont de l'étude principale sur 14 volontaires pour le centre français, et sur 52 participants pour l'ensemble du projet WEALTH. Les résultats de l'étude pilote pour optimiser le déclenchement des questionnaires et accroître le taux de réponses aux questionnaires a

fait l'objet d'un article spécifique mené principalement par les partenaires Tchèques du projet européen (Janek et al., 2025).

La phase pilote avait pour but de structurer la collecte de données afin d'optimiser par la suite l'enchaînement des différentes tâches, notamment par rapport à la gestion des appareils et la gestion du monitoring de participants (surveillance des problèmes techniques), et d'optimiser la collecte des données (consignes aux participants, nombres de questionnaires déclenchés...). Cette étude pilote comportait les étapes similaires à celles décrites ci-dessus, avec en supplément une enquête qualitative lors du rendu des appareils (visite 2). En effet, au cours d'entretiens semi-structurés, des retours d'expériences des participants sur un modèle de grille d'entretien prédéfinie ont été enregistrés. Les différentes dimensions enregistrées étaient liées à l'acceptabilité de la méthode, et notamment la dimension de charge quotidienne (fréquence des questionnaires, longueur des questionnaires, freins à la réponse aux questionnaires...). Ces réponses ont ensuite été codées, catégorisées et quantifiées (par les partenaires tchèques du projet), ce qui a permis de mieux comprendre les expériences des participants et les raisons potentielles d'un respect insuffisant du protocole lié aux questionnaires EMA.

Hormis de potentiels ajustements logistiques et organisationnels dans les différents centres, la mise à jour majeure à la suite de l'étude pilote a été le déclenchement des questionnaires EMA, à la suite de l'exploitation des données issues des entretiens et d'analyses d'optimisation. En effet, les règles de décisions concernant les questionnaires basés sur les événements ont évolué afin de permettre un nombre de questionnaire déclenchés plus élevé. Le nombre d'enquêtes basées sur des événements était inférieur à celui souhaité pour l'étude, avec une médiane de 2,4/jour pour les événements sédentaires, lorsque 4 étaient ciblés, et de 0,9/jour pour les événements de marche, lorsque 3 étaient ciblés. Les règles de décisions pour le déclenchement des questionnaires ont donc été modifiées, à la fois au niveau des durées des activités déclenchant le questionnaire, du seuil de reconnaissance des activités (règles concernant les valeurs aberrantes pour les épisodes d'activités

moins strictes) et de la période de temps en amont d'une synchronisation. L'optimisation sur la durée des activités a été modifiée de 30 à 20 minutes pour les activités sédentaires et de 10 à 5 minutes pour les activités de marche et de course à pied. L'optimisation sur le seuil de reconnaissances des activités a été réalisé uniquement pour les questionnaires de marche, autorisant 2 valeurs aberrantes inférieures au seuil de 60 à 139 pas/minutes). Pour finir, l'optimisation sur la période de temps en arrière d'une synchronisation a permis d'étendre la période de temps jusqu'à un maximum de 17 minutes en arrière.

L'étude pilote a également pointé l'importance de bien former et instruire les participants sur l'importance d'avoir leur téléphone avec les notifications activées, et de répondre assez rapidement à la suite de la notification. Le délai de réponse a également été allongé de 8 à 15 minutes afin d'assurer un taux de réponse plus élevé sans dénaturer l'essence de la méthodologie qui se veut être une évaluation en temps réel (afin notamment de limiter le biais de mémoire). Cet allongement du délai d'expiration pourrait améliorer la conformité en offrant aux participants une plus grande flexibilité pour répondre.

4. Récupération et structuration des bases de données

Une fois les données collectées au sein du centre français, deux étapes principales ont eu lieu concernant le traitement des données. La première étape était la structuration des bases de données au niveau du centre français, avant transmission au reste du projet européen pour compilation des bases de données des quatre centres. Cette étape comprenait la saisie des données pour toutes les collectes réalisées via des supports papiers, c'est-à-dire les variables anthropométriques et les variables de faisabilité. Ces saisies de données d'une version papier à une version numérique ont été effectuées en utilisant le logiciel Access®. Les autres bases de données concernant les données du questionnaire général et de la base alimentaire ont été harmonisés et transmises sous format .csv. Les fichiers des accéléromètres Actigraph® et ActivPAL® ont été extraits grâce aux logiciels fournis par les fabricants, c'est-à-dire respectivement Actilife® et PALconnect®.

La deuxième étape était la récupération des bases de données avec l'ensemble de l'effectif du projet européen, soit un effectif de participants de 627. Les différentes bases de données, en fonction de l'outils de mesure, ont été traitées afin d'exclure les doublons potentiels et harmoniser les noms de variables. La dernière étape consistait en la compilation de différentes variables issues de bases de données différentes pour la création d'une table d'analyse finale en fonction des différents sous-objectifs.

5. Analyses statistiques

a. Population

L'ensemble des analyses a été réalisé sur l'échantillon total du projet correspondant aux quatre centres (Irlande, Allemagne, République-Tchèque, France) avec 627 participants ayant réalisé le protocole en entier. L'échantillon final était de 626 participants après exclusion d'une personne ayant rencontré d'importants problèmes techniques. Pour les analyses portant sur l'acceptabilité, seuls les cas complets ayant répondu au questionnaire de faisabilité ont été utilisés, aboutissant à un échantillon final de 622 participants. Pour les analyses sur le contexte à partir des données de l'EMA, l'échantillon final comprenait 618 participants ayant répondu à au moins un questionnaire EMA basés sur les événements.

b. Variables utilisées

i. Variables du questionnaire général et anthropométriques

Les variables sociodémographiques issues du questionnaire général comprenaient le sexe (homme, femme), l'âge (variable continue), le niveau d'éducation (niveau inférieur au bac, niveau équivalent au bac et niveau supérieur au bac), le statut professionnel (étudiant, employé, non employé). L'indicateur d'utilisation des médias a été construit à partir de la question relative à la fréquence d'utilisation du téléphone ("Combien de fois utilisez-vous votre smartphone au cours d'une journée normale ?", avec six options de réponse allant de "Je n'ai pas accès à un smartphone" à "51-

100 fois par jour"), et en utilisant la médiane pour distinguer les habitudes faibles des habitudes élevées.

Pour la partie anthropométrique, l'indice de masse corporelle (IMC) a été calculé en divisant le poids corporel par la taille au carré (kg/m^2), et le statut pondéral a été catégorisé en insuffisance pondérale ($\text{IMC} < 18,5 \text{ kg/m}^2$), poids normal ($18,5 \leq \text{IMC} < 25 \text{ kg/m}^2$), surpoids ($25 \leq \text{IMC} < 30 \text{ kg/m}^2$), et obésité ($\text{IMC} \geq 30 \text{ kg/m}^2$) (World Health Organization, 2000).

ii. Variables EMA

Pour les analyses sur le contexte (deuxième sous-objectif) des variables provenant de la mesure par EMA ont été utilisées. Les trois grandes catégories de mesure étaient les variables contextuelles sur le lieu (intérieur ou extérieur), l'entourage social (seul ou avec de la compagnie) et des composantes psychologiques (variables quantitatives de l'humeur : valence, sérénité, éveil énergétique ; et de la fatigue). Des variables regroupées ont également été utilisées pour le contexte physique et social, avec six modalités pour le lieu : à la maison, à l'école/au travail, dans un espace vert, dans la rue/en déplacement, autres intérieurs, et autres extérieurs. Pour l'entourage social, la variable regroupée comprenait cinq modalités : 1) seul ; 2) en famille, avec ses enfants ; 3) entre amis, camarades, collègues ; 4) multiples catégories ; 5) étrangers, foule, groupe organisé, autres. Les variables sur l'humeur étaient disponibles uniquement pour les questionnaires EMA déclenchés par la marche et la course à pied. Les trois variables étaient calculées en faisant la moyenne des scores positifs et des scores négatifs inversés pour chaque dimension de l'humeur (valence, sérénité, éveil énergétique), avec des scores allant de 0 à 100. La question sur la fatigue était utilisée comme variable quantitative avec un score allant de 0 à 100. Pour le contexte lié aux domaines de vie, une variable binaire a été construite pour différencier les questionnaires reçus au travail des questionnaires reçus dans les autres domaines de vie.

iii. Faisabilité

Le questionnaire de faisabilité comprenait deux parties principales : l'une sur les appareils accélérométriques (huit items) et l'autre sur l'application smartphone de l'EMA (dix items). Dans chacune de ces parties, nous avons étudié quatre dimensions : la charge quotidienne, la facilité d'utilisation perçue, l'interférence des habitudes et la satisfaction éthique. Les correspondances entre les items et les dimensions sont présentées en Annexe 8. Des scores composites ont été ensuite calculés en additionnant les items des dimensions de l'acceptabilité. L'item sur la réactivité de la partie EMA été inversé pour harmoniser le sens des réponses. Les scores composites pouvaient donc aller de 8 à 40 pour la partie accéléromètres, et de 10 à 50 pour la partie application smartphone de l'EMA.

iv. Compliance

La compliance de l'EMA a été évaluée grâce au taux de remplissage des questionnaires. Un questionnaire rempli était défini comme ayant au moins 2 items renseignés, afin de prendre en compte les participants ayant rempli uniquement un item pour désactiver les notifications de rappel des questionnaires. Un indicateur du niveau global de compliance sur le protocole (jour 1 à 7) a été construit grâce au pourcentage global de questionnaires remplis sur le nombre de questionnaires déclenchés.

La compliance pour les appareils accélérométriques a été évaluée grâce au temps de port de la montre Fitbit®. Le temps de port des appareils accéléromètres a été calculé grâce au temps où la montre Fitbit® enregistrerait des données de fréquence cardiaque. Même si les différents appareils n'étaient pas portés sur la même période, cet indicateur a été utilisé pour retranscrire l'adhérence à la montre Fitbit® comme appareil permettant le déclenchement des questionnaires EMA basés sur les événements.

v. Variables des appareils accéléromètres

Les participants ont porté un accéléromètre triaxial ActiGraph GT3X+ (ActiGraph, FL, USA) sur leur hanche droite pendant toute la période de collecte des données. Les jours valides ont été définis

comme ayant 8 heures ou plus de temps de port détecté (Airlie et al., 2022; Evenson & Wen, 2015). Les données de l'accéléromètre ont été traitées à l'aide du progiciel GGIR dans R (Migueles et al., 2019), en appliquant les seuils spécifiés pour les adultes sur la base de la norme euclidienne moins un (ENMO) (Hildebrand et al., 2014) (47,4, 69,1 et 258,7 unités d'accélération ou g pour classer les intensités légères, modérées et élevées, respectivement), et les variables d'AP quotidiennes moyennes ont été créées en utilisant un coefficient de 2/7 pour les jours de week-ends et de 5/7 pour les jours de semaine. Ensuite, trois indicateurs de niveau d'AP ont été construits : la durée quotidienne moyenne d'AP totale, d'AP d'intensité faible et d'AP d'intensité modérée à élevée.

Les données de l'appareil ActivPAL®, porté à la cuisse pendant la période de collecte, ont été extraites à partir du logiciel constructeur. L'algorithme MORA a été appliqué afin de détecter les temps de non port et de classer le signal accélérométrique dans différentes activités (notamment marche, position debout, position assise). Un jour valide a été défini comme ayant un temps de port de 20 heures. Un nombre minimal de quatre jours valides permettait de construire l'indicateur du CS, représenté par la durée quotidienne moyenne passée dans un CS (assis, et allongé en enlevant les épisodes de sommeil).

vi. Données manquantes

Les données manquantes des différentes variables d'acceptabilité utilisées de l'ensemble de l'échantillon (N = 622) ont été imputées par la médiane pour les scores d'acceptabilité (N = 50). Les variables utilisées en ajustement et comme facteurs explicatifs dans les modèles statistiques ont été imputées avec une procédure d'appariement prédictif des moyennes (Predictive Mean Matching, PMM) pour les variables continues et une procédure de régression logistique simple ou multinomiale pour les variables catégorielles (Little, 1988). Cette procédure d'imputation permet de générer des valeurs prédites plus précises que par une imputation par la moyenne, puisque la procédure utilise une étape de régression pour utiliser des variables prédictives pour générer les valeurs. Chaque valeur manquante est donc associée à une valeur observée similaire en fonction des variables

prédictives, permettant d'augmenter la cohérence et la plausibilité des données imputées. Les prédicteurs pour cette procédure étaient les covariables du modèle, notamment les variables sociodémographiques. Le package R « mice » a été utilisé (Buuren & Groothuis-Oudshoorn, 2011), afin de réaliser une équation en chaîne des procédures d'imputation avec cinq itérations.

c. Analyses réalisées

L'ensemble des analyses a été réalisé sur le logiciel Rstudio® (version 4.3.1). Les analyses sur les données issues des questionnaires EMA et des appareils accélérométriques ont été réalisées uniquement sur les jours 1 à 7 du protocole.

Pour les analyses descriptives, les moyennes et écart-type ont été présentés pour les variables quantitatives, et quand les variables ne suivaient pas une loi normale, les médianes et intervalles interquartiles ont été présentés. Les effectifs et pourcentages ont été présentés pour les variables qualitatives.

Les modèles utilisés pour les analyses étaient des modèles mixtes, avec un ou plusieurs effets aléatoires (comme le pays du centre, les individus, les jours de l'étude) afin de refléter la structure hiérarchique des données de l'EMA. En effet pour les données de l'EMA, les individus étaient imbriqués dans les pays, les jours de l'étude dans les individus et les questionnaires de la journée au sein des jours de l'étude. Des modèles simples ont d'abord été testés pour analyser quels étaient les meilleurs effets aléatoires à ajouter au modèle. Ainsi, en utilisant le critère d'information d'Akaike (AIC), l'effet aléatoire du numéro du questionnaire au cours d'une journée n'apportait pas d'information au modèle. Les modèles mixtes utilisés pour les analyses n'ont donc compris que trois effets aléatoires : les pays, les individus imbriqués dans les pays, et les jours de l'étude imbriqués dans les individus et dans les pays. En fonction de la variable dépendante (outcome), les modèles mixtes étaient linéaires (score d'acceptabilité) ou logistiques (taux de remplissage binaire).

Chaque modèle a été ajusté sur d'autres variables incluses dans le modèle, à partir des résultats des analyses bivariées et d'hypothèses à priori. Les odds ratio (OR) ont été calculés à partir des coefficients

des modèles de régression logistique généralisée, ainsi que leurs intervalles de confiance pour les effets fixes (IC 95 %). Le seuil de significativité a été fixé à 5%.

i. Analyses des questionnaires d'acceptabilité

Pour évaluer les associations entre les scores d'acceptabilité et les facteurs sociodémographiques et de santé, des modèles mixtes de régression logistique ont été utilisés sur un score composite binaire (seuil de 3,5 points sur l'échelle de Likert), afin de s'adapter aux variables ayant un effet plancher et de permettre l'ajustement sur des covariables. Les modèles ont été construits par analyse univariée pour chaque score composite, avec un effet aléatoire pour le pays inclus dans tous les modèles pour refléter la structure hiérarchique des données. Les modèles ont été ajustés sur neuf variables pour les modèles "accéléromètres" et dix variables pour le modèle "application smartphone" à partir des analyses bivariées et des hypothèses théoriques. Pour les modèles sur les scores d'acceptabilité des accéléromètres, les neuf variables dans le modèle complet étaient le sexe, l'âge, le niveau d'éducation, l'IMC, le niveau d'AP totale, le bien-être, la dimension physique et mentale de la qualité de vie (SF-36), et le temps de port du dispositif (adhérence aux accéléromètres). Pour le score de facilité d'utilisation perçue, nous avons supprimé le niveau d'éducation en raison d'un déséquilibre dans les catégories (seuil de 10 effectifs par classe). Pour les scores d'acceptabilité liés à l'EMA, dix variables ont été incluses dans le modèle complet : le sexe, l'âge, le niveau d'éducation, l'IMC, le niveau d'AP total, le bien-être, la dimension physique et mentale de la qualité de vie (SF-36), l'utilisation des médias et la compliance à l'EMA (taux de réponse). Pour le score de satisfaction éthique, nous avons supprimé le niveau d'éducation en raison d'un déséquilibre dans les catégories (seuil de 10 effectifs par classe). Toutes les variables continues ont été centrées et réduites. Ainsi, les coefficients de régression sont interprétés comme les effets par écart-type afin de rendre l'analyse plus robuste.

ii. Analyses de la compliance de l'EMA

Pour les analyses sur la compliance aux questionnaires EMA, plusieurs indicateurs ont été créés. L'engagement objectif de l'utilisateur, à travers la compliance, a été évalué en fonction de la

réponse à au moins deux questions dans les questionnaires EMA. Cette approche permet d'éviter que les participants ne répondent qu'à une seule question dans le seul but de contourner les notifications de rappel. La latence a été définie comme le temps écoulé entre la notification du questionnaire EMA et le début de la réponse au questionnaire. Les périodes de la journée ont été définies comme suit : matin (6h00-12h00), après-midi (12h00-18h00), soirée (18h00-24h00) et nuit (24h00-6h00).

Le coefficient de corrélation intra-classe (ICC) a été utilisé pour mesurer la proportion de la variance de la compliance à l'EMA attribuable à la variabilité intra-individuelle, inter-individuelle et en fonction des pays dans les modèles à effets mixtes. Cela permet de quantifier la contribution des effets aléatoires, tels que les différences entre les participants par rapport à la variance totale.

En ce qui concerne les analyses de latence (temps de réponse), la relation avec la compliance moyenne par participant tout au long du protocole a été analysée, puisque les données de latence n'étaient disponibles que lorsque les participants répondaient aux questionnaires EMA. Le coefficient de corrélation de Pearson a été calculé entre la compliance moyenne et la latence moyenne par participant.

iii. Analyses du contexte

Les données contextuelles ont été décrites à l'aide de statistiques descriptives, avec l'effectif et le pourcentage pour le contexte physique et social, et la médiane et l'intervalle interquartile (IQR) pour les variables du contexte psychologique (humeur et fatigue). Des modèles mixtes de régression ont été utilisés pour évaluer les associations entre les variables contextuelles et l'effet du temps, ainsi que pour évaluer la variabilité intra- et inter-sujets. Pour les variables contextuelles physiques, sociales et des domaines de vie (codées en binaires), un modèle mixte logistique a été utilisé, et pour les variables contextuelles psychologiques, un modèle mixte linéaire a été utilisé. Ces deux types de modèles étaient des modèles multiniveaux afin de tenir compte de la structure imbriquée des données (c'est-à-dire que les jours sont imbriqués dans les individus et que les individus sont imbriqués dans les pays). Chaque modèle a été construit à partir d'un modèle inconditionnel, avec des effets aléatoires

pour le pays, les individus et les jours. Le critère d'information d'Akaike (AIC) a été utilisé pour déterminer le meilleur ajustement des données.

Pour la relation entre le contexte et un niveau général d'AP ou du CS, des modèles mixtes logistiques (contexte physique et social) et linéaires (contexte psychologique) ont été construits avec le contexte en critère principal. La variable d'exposition des modèles était le temps quotidien de sédentarité et le temps quotidien d'AP d'intensité modérée ou élevée grâce aux données des accéléromètres ActivPAL® et Actigraph®, respectivement. Trois modèles ont été construits : un modèle simple sans ajustement, un modèle avec ajustement sur l'âge et le sexe, et un modèle complet avec ajustement sur l'âge, le sexe, le niveau d'éducation, le type d'emploi, et l'IMC. Des ajustements supplémentaires et des termes d'interactions ont été testés avec le niveau global de compliance et avec la composante mentale de la qualité de vie pour les modèles sur les variables psychologiques de l'humeur.

Résultats

Chapitre 1 Acceptabilité de l'évaluation ambulatoire par combinaison de l'EMA et de l'accélérométrie

1. Introduction

L'évaluation momentanée écologique (EMA) est une méthode innovante de mesure des comportements en temps réel et en situation de vie habituelle. Dans le champ du CP, cette méthode a été très peu utilisée dans des populations d'adultes sains. Afin de mieux comprendre sa faisabilité pour des futures études dans ce type de population, ou pour la surveillance en santé publique, il est important de s'intéresser à l'acceptabilité des participants. La première étude de la thèse a pour objectif d'étudier l'acceptabilité perçue des participants lors de la mise en place d'un protocole intensif combinant EMA et accélérométrie. L'acceptabilité des deux outils de mesure est importante puisqu'elle permet de se rendre compte si l'utilisation d'un appareil accélérométrique peut être combinée à l'EMA pour renforcer la collecte de données objectives sur le CP. De plus, l'étude de l'acceptabilité des accéléromètres permet d'analyser la perception des participants du dispositif de port d'un appareil accélérométrique qui peut déclencher des questionnaires EMA. En effet, un dispositif EMA basé sur les événements, par le biais d'un accéléromètre, nécessite un appareil supplémentaire qui peut également impacter l'acceptabilité des participants. Il est donc important d'analyser l'impact d'un protocole combinant EMA et accélérométrie sur la demande aux participants, et donc d'analyser leur perception du protocole par rapport à la charge quotidienne, la facilité d'utilisation, l'interférence des habitudes et la satisfaction éthique.

2. Résumé en français

Contexte

L'évaluation ambulatoire combinant des dispositifs portables et l'évaluation écologique momentanée (EMA) pour collecter des données en temps réel sur les comportements et leur contexte peut constituer une approche écologiquement valide pour évaluer les comportements physiques et

alimentaires. Cette étude a examiné l'acceptabilité d'un protocole d'évaluation ambulatoire intensif comprenant le port simultané de quatre accéléromètres pendant 7 jours, associé à des questionnaires EMA répétés.

Méthodes

Les données de l'EMA et des accéléromètres ont été collectées sur 7 jours dans les conditions de vie habituelle auprès d'un échantillon de commodité de 622 participants (56,1 % de femmes, âge moyen de 38,2 ans, en bonne santé apparente) recrutés en Irlande, en Allemagne, en France et en République Tchèque. De courts questionnaires EMA (8 à 17 items) étaient déclenchés de façon aléatoire (7 fois par jour) ainsi qu'en réponse à des comportements détectés par Fitbit® — comme une position assise prolongée (max. 4/jour), la marche ou la course (max. 3/jour chacun). Les questions portaient sur l'activité en cours, le lieu, l'entourage social et l'humeur. La compliance des participants a été évaluée via la proportion de questionnaires EMA complétés par rapport au nombre de questionnaires envoyés. Quatre dispositifs portables de mesure du mouvement étaient portés (Fitbit®, ActivPAL®, Actigraph®, LifeQ®), et la compliance à l'appareil Fitbit® était mesurée via l'enregistrement de la fréquence cardiaque. L'acceptabilité de l'EMA et des dispositifs accélérométriques a été évaluée à l'aide de questionnaires, mesurant la charge quotidienne, la facilité d'utilisation, l'interférence et la satisfaction éthique avec pour chaque variable une échelle de Likert à 5 points. Les associations avec des facteurs sociodémographiques et de santé ont été analysées par modèles de régression logistique à effets mixtes.

Résultats

Les participants ont reçu en moyenne 11,5 questionnaires EMA par jour ($\pm 1,9$). Les scores d'acceptabilité des EMA allaient de 3,8 (charge) à 4,6 (satisfaction éthique), tandis que ceux des accéléromètres allaient de 4,1 (charge/réactivité) à 4,6 (facilité d'utilisation/satisfaction éthique). Une faible charge perçue était associée à une meilleure compliance à l'EMA et aux accéléromètres (OR : 1,88 [IC95 % : 1,30–2,72] et OR : 1,74 [IC95 % : 1,08–2,80], respectivement), tandis que l'interférence

liée au smartphone augmentait avec l'âge (OR : 0,62 [IC95 % : 0,50–0,78]). Aucune association n'a été trouvée avec le sexe ou le niveau d'éducation.

Conclusions

L'acceptabilité des dispositifs portables accélérométriques et de l'EMA s'est révélée globalement satisfaisante. Les protocoles futurs gagnent à prendre en compte la relation entre la compliance à l'EMA et la charge quotidienne, pour adapter les protocoles d'évaluation ambulatoire avec accéléromètres, et ainsi pouvoir optimiser la collecte de données comportementales et contextuelles.

3. Article soumis

Ce travail a fait l'objet d'un article soumis dans le Journal for the Measurement of Physical Behaviour. L'article s'intitule « Acceptability of intensive ambulatory assessment combining four wearable sensors and frequent Ecological Momentary Assessment for evaluating physical and eating behavior in adults: The WEALTH Project » et est présenté ci-dessous dans sa version originale.

1 Introduction

Physical activity (PA) is recognized as a critical factor in promoting overall health and well-being, whereas sedentary behavior (SB) is associated with adverse health outcomes and increased morbidity and mortality (Bull et al., 2020; Farrahi et al., 2022). One in three adults, however, does not meet the public health PA recommendations (Strain et al., 2024), and adults typically spend more than 6 hours per day in a seated position (Prince et al., 2020; Yang et al., 2019). To improve the measurement of PA and SB (hereafter referred to as physical behavior, PB) and their determinants in population-based surveys, as well as to formulate guidelines and inform the development of effective interventions, more accurate methods for assessing real-time PB are needed. The use of questionnaires, the most commonly used method until a few years ago, has limitations in measuring PB. Questionnaires rely on self-reported data, which are susceptible to recall and social desirability bias, often leading to overestimation of PA and underestimation of SB (Shephard, 2003).

Alongside physical behaviors, eating behavior (EB), which encompasses dietary intake patterns, timing, and contextual influences, has also gained attention in health research. Both PB and EB has benefited greatly from technological and digital advances that have enabled the measurement of behavior through the use of wearable devices in ambulatory assessment (Heydarian et al., 2019; Troiano, 2005). These devices include body-worn accelerometers, which provide continuous data on PB and capture detailed information on the intensity, frequency, and duration of PB and EB in everyday-life conditions. Despite these advantages, accelerometer recordings do not allow to differentiate between types of PA (e.g., sport, active travel, occupational PA), SB (e.g., television viewing, video-gaming, reading, computer-based work), or specific behavioral elements of EB. Furthermore, one of the major disadvantages is that accelerometers are unable to assess the behavioral context, such as the location or social context of PB or EB. To achieve a more accurate assessment of PB and EB and to capture a broader range of complementary data, researchers should aim to combine wearables with participant-reported data using ecological momentary assessment (EMA) methods (Reichert et al., 2020).

Ecological Momentary Assessment (EMA) enables to capture information related to specific behaviors in real time and in real-world settings, providing a comprehensive measure of behavioral patterns over time (Shiffman et al., 2008). In practice, short questionnaires are triggered several times a day via a dedicated application on a smartphone carried by the participant. A major asset of EMA is that it allows to assess psychological (affect, mood) or contextual information (location, social context) related to a target behavior such as PB or EB (Dunton, 2017; Maugeri & Barchitta, 2019). EMA involves the assessment of behavior through either time-based or event-based sampling. Time-based questionnaires are triggered at specific time intervals or randomly throughout the day. Event-based questionnaires can be triggered in response to specific behaviors. Typically, participants are instructed to self-trigger the questionnaires when the event of interest occurs – for example when they eat a snack. More recently, advances in wearable technology have enabled automatic triggering of questionnaires when events are detected by passive sensing (e.g., when an accelerometer detects walking), an approach known as sensor-triggered EMA. EMA protocols generally require substantial participant involvement, including the use of multiple devices and frequent data collection, notably by assessing multiple behaviors simultaneously (such as PB and EB). For large-scale use, such a combined method must however be both acceptable and easy to implement, as participant burden could increase significantly, impacting both the quality and quantity of data obtained through EMA (Dunton, 2017).

Acceptability can be defined as “both the practical – the success of critical processes in the system – and the social – the willingness of participants to interact with the system and their level of satisfaction with their experience” (Crowley et al., 2022, p. 6). This definition is consistent with the conceptualization of Perski and colleagues, which includes a subjective part (“experiences characterized by attention, interest, and affect”) (Perski et al., 2017). In existing research, the analysis of acceptability focuses on both EMA and the wearing of accelerometers. Studies investigating EMA acceptability often focus on participants' perceptions of both the questionnaires and the application itself (Hanson et al., 2023; Helle et al., 2023; Johnson et al., 2022). This part of acceptability needs to

be interpreted alongside participants' actual engagement, i.e., compliance with the EMA questionnaires (Williams et al., 2021). In addition, some studies have investigated accelerometer acceptability by focusing on the feelings expressed by participants while using the wearable (Germini et al., 2022; Mercer et al., 2016) or by focusing on the wear time of the wearable (Speier et al., 2018). However, whether combining EMA with accelerometer-triggered measurements could provide an acceptable approach to enhancing the assessment of PB and EB remains to be investigated.

Understanding the specific components that enhance acceptability requires examining in detail some key factors that influence participant engagement during an ambulatory assessment protocol. First, the daily burden associated with the device plays a significant role in determining whether participants are willing to wear it continuously (Battaglia et al., 2022; Jones et al., 2016). Devices that are lightweight, non-intrusive, and easy to use have been shown to be more likely accepted by users (Wang et al., 2017). Second, perceived ease of use appears to be key to understanding the functionality of the device (Davis, 1989), both for the EMA smartphone application and for the wearables. Third, the use of the EMA method should be designed to minimize disruption to daily routines of participants. This includes ensuring that prompts are not too frequent or burdensome, and that they are timed so as not to interfere with daily activities (Dunton, 2017), but with sufficient prompts for the amount of data. Furthermore, ensuring that participants consent to the sharing of their data is critical to the feasibility of using such devices in research (Reichert et al., 2020). Finally, these dimensions of acceptability need to also be considered alongside individual factors that may influence overall acceptability, such as socio-demographics, media habits, level of PA, or health status. By addressing these acceptability factors, researchers can gain a deeper understanding and improve the acceptability and feasibility of combining EMA with accelerometer-triggered measurements, ultimately enhancing the quality and reliability of PB assessments.

In the present study, we aimed to gain insight into the acceptability of a 7-day ambulatory assessment that combines simultaneously wearing four wearable devices and completing between 7 and 17 EMA

questionnaires per day via a smartphone application. Additionally, we investigated factors related to the acceptability of the protocol to understand whether participants' perceptions varied according to socio-demographic factors, PA levels, and health status.

Methods

Study design

The study was conducted at four research centers in Czech Republic, France, Germany, and Ireland as part of the European Joint program Initiative Stamify WEALTH project (Wearable sensors for the assessment of physical and eating behaviors). Participants were recruited between March 2023 and March 2024 via stratified and convenience sampling methods. In three countries, to increase response rates and participant compliance, participants were offered a cash reward for completing the study in full, with the amount varying by study site (€ 30-40). A total of 627 adults completed the study. The protocol included a 7-day ambulatory assessment combining four wearable devices and an intensive EMA protocol, preceded by two training days. The wearables were worn on the hip (Actigraph®), the thigh (ActivPAL®), and the wrists (Fitbit® and LifeQ®). Throughout the protocol, participants were supported by project staff through a dedicated hotline, personalized explanations of the technologies during the laboratory visit, rigorous monitoring of data synchronization, and, when necessary, individualized solutions to technical issues. Detailed information on the protocol can be found elsewhere (Hayes and al., submitted). The protocol was pilot-tested and subsequently optimized to enhance feasibility and data quality (Janek et al., 2025). The EMA study was described following the reporting guidelines outlined in the Checklist for Reporting EMA Studies (Liao et al., 2016).

EMA measurement

For the EMA protocol, data collection was standardized, with the day on which participants attended the laboratory (day -1) and the first full day (day 0) considered as the training days, followed by 7 consecutive full days of monitoring (i.e., day 1 to day 7). During the laboratory visit, participants were

trained in the use of the EMA app (HealthReact® app, version 1.1.17), and any technical problems were resolved during the training day (day 0). Participants without a compatible smartphone or without a mobile data plan were provided with a study smartphone (Android operating system), otherwise they used their own smartphone. The EMA protocol consisted of a combination of sensor-triggered event-based, time-based, and self-initiated prompts. The event-based prompts were triggered by data collected by the Fitbit® Charge 5, worn on the non-dominant wrist. The Fitbit® watch provided the number of steps per minute and several heart rate recordings per minute, allowing detection of short bouts of stepping (Delobelle et al., 2024). These data were collected continuously and required a continuous internet connection for regular synchronization with the Fitbit® server, which occurred automatically approximately every 15 minutes or when the participant manually synchronizes the app. Therefore, prompts could be delayed by up to 15 minutes following the fulfilment of criteria for a specific event. The event-based surveys were triggered based on the continuously monitored Fitbit steps. The “sitting survey” was triggered after 20 consecutive minutes of 0 steps along with detection of heart rate. A maximum of two sitting surveys were administered in each of the two time windows: 8:00-14:00 and 14:00-20:00. The “walking survey” was triggered after 5 consecutive minutes of activity with a step frequency between ≥ 60 and < 140 steps/min, with a maximum of three walking surveys per day. Finally, the “running survey” was triggered after 5 consecutive minutes with a step frequency of ≥ 140 steps/min, with a maximum of three running surveys per day. In addition to the event-based surveys, there were 7 time-based surveys (08:00-09:45 morning survey, 10:15-11:45, 12:15-13:45, 14:15-15:45, 16:15-17:45, 18:15-19:45 daily surveys, 20:15-21:45 evening survey) that were randomly triggered in the predefined time windows. These windows were designed with a time gap to ensure that the questionnaires were at least 30 minutes apart. Participants were instructed to complete the survey within 15 minutes of the prompt. They were reminded three times during the 15-minute validity period of the questionnaire: after 5 minutes, after 10 minutes, and 3 minutes before the questionnaire expired. The survey was sent to the server when it was completed or after the time for completion expired (even if it was not completed). In addition to event- and time-based surveys, self-initiated

surveys were included to assess EB. Participants were instructed to report whenever they consumed meals, snacks and drinks (excluding water). Depending on the number of sensor-triggered event-based surveys, the maximum number of surveys a participant received per day was seventeen, not including the self-initiated questionnaires completed in response to EB.

Acceptability measurement

Acceptability was measured through a paper-and-pencil questionnaire filled out by the participants during the laboratory visit, which took place after the free-living data collection. Questions included a five-point Likert scale of agreement similar to previous studies (Jones et al., 2016; Spook et al., 2013), ranging from 1 (strongly disagree) to 5 (strongly agree). The questionnaire was built with two major sections: one on the wearables (eight items) and the other on the EMA smartphone application (ten items). The full list of items is included in the Results section, Table 3. Composite scores were generated by summing the items across significant dimensions of acceptability, including daily burden, perceived ease of use, reactivity and data sharing.

Physical activity measurement

For the purpose of quantifying PA, we used data from the triaxial ActiGraph GT3X+ accelerometer (ActiGraph, FL, USA) worn on participants' right hip throughout the data collection period. Participants were asked to wear the device at all times, except during aquatic activities, while showering, and during sleep (from bedtime to wake-up). Data from the accelerometer were processed using the GGIR package (version 3.2-6) (Migueles et al., 2019; van Hees & Migueles, 2025) in R (4.4.3), applying the specified cut points for adults based on Euclidean norm minus one (ENMO) metric (Hildebrand et al., 2014) (47.4, 69.1 and 258.7 acceleration units to classify light, moderate and vigorous intensities, respectively). Valid days were defined as having 8 or more hours of detected wear time (Evenson & Wen, 2015), and average daily PA variables were created using a weighted average of the 2/5 ratio for weekend days and weekdays from minimum four valid days.

Sociodemographic and health measurements

Sociodemographic data were collected using a baseline questionnaire that included information on sex, age, education level (less than high school, high school, higher than high school) and employment status (school career, employed, unemployed). This baseline questionnaire also included the Short Form-36 Health Survey Questionnaire (SF-36) (Ware & Sherbourne, 1992), the 5-item World Health Organization Well-Being Index (WHO-5) (Topp et al., 2015), and a question on media use (an item on smartphone use frequency). The SF-36 assesses eight dimensions of health-related quality of life: general health (5 items), vitality (4 items), bodily pain (2 items), limitation of physical problems (4 items), limitation of emotional problems (3 items), mental health (5 items), and physical functioning (10 items), social functioning (2 items). Two SF-36 composite scores were calculated as recommended (Ware et al., 1994): physical composite score (PCS) and mental composite score (MCS). The WHO-5 variable was constructed according to appropriate guidelines (Topp et al., 2015). The media use indicator was built by focusing on the item on frequency of phone use ("How often do you use your smartphone on a typical day?", with six answer options from "I don't have access to a smartphone" to "51-100 times per day"), and using the median to distinguish low and high smartphone use. All questionnaires were provided in the local language (translated and back-translated to control for translation errors, or using established translated versions of the tools where available).

Upon completion of the baseline questionnaire, anthropometric measurements of the participants (weight, height, waist circumference, handgrip strength) were recorded at the "day -1" laboratory visit. Body mass index (BMI) was calculated as body weight divided by height squared (kg/m^2), and weight status was categorized as underweight ($\text{BMI} < 18.5 \text{ kg/m}^2$), normal weight ($18.5 \leq \text{BMI} < 25 \text{ kg/m}^2$), overweight ($25 \leq \text{BMI} < 30 \text{ kg/m}^2$), and obesity ($\text{BMI} \geq 30 \text{ kg/m}^2$) (World Health Organization, 2000).

Compliance measurement

To assess objective user engagement, compliance with the wearable and EMA smartphone was evaluated using categorical variables. EMA compliance was defined as answering at least two questions in the triggered surveys. This approach prevents participants from responding to one

question in order to avoid the reminder notifications. Wearable compliance was determined based on the time periods during which the Fitbit® recorded a heart rate signal. Then, median compliance was used to categorize compliance as low or high for both wearable and EMA smartphone compliance.

Ethics approvals

Ethics committee approval was granted in each of the four study centres prior to the start of the study commencement. In the University of Limerick, Ethics committee approval was granted by the Education and Health Sciences Faculty Research Ethics Committee; approval no 22_09_10_EHS_; in Bremen approval was granted by the Ethics Committee of the University of Bremen, approval no 2022-25; in the Czech Republic approval was granted by the Committee for Research Ethics at the University of Hradec Kralove no 11/2022); and in France by Comité de Protection des Personnes CPP Ile-de-France VI approval no 2022-A02208-35). All participants provided written informed consent prior to participation.

Statistical analysis

Analyses were carried out on 622 participants, after dropping participants with complete missing data on the acceptability questionnaire (N=5). Acceptability questionnaire data for participants with one or more missing data were imputed using the mean of the participants (N participants=50). To assess associations of acceptability scores with socio-demographic and health factors, logistic regression mixed models were used on the binary composite score (threshold of 3.5 points on the Likert scale), to adjust for variables with a floor effect and to allow adjustment for covariables. Covariables data for the logistic models were imputed using the chain equation method with predictive mean matching and logistic regression procedures for numeric and categorical variables respectively (R package mice, version 3.17.0, Buuren & Groothuis-Oudshoorn, 2011). Five iterations were used, including six variables: level of education (7.9% of missing data), well-being score (1.9%), quality of life scores (physical and mental summary scores, each 2.1%), wearable compliance (0.8%) and total PA (1.8%). The models were built through univariate analysis for each composite score, with a random effect for

country included in all models to reflect the hierarchical data structure. Each model was adjusted for other variables included in the model (nine variables for the wearables model and ten variables for the EMA smartphone model). Odds ratios (OR) were calculated from the coefficients of the generalized logistic regression models, along with their 95 % confidence intervals (95% CI) for the fixed effects. The random effect of country was estimated from the variance. All data were analysed using R^{*} studio software (R version 4.3.1). A 5% threshold was set for p-value significance.

Results

Study population

Table 1 shows the characteristics of the study population. The sample was divided equally between the four countries. More than half (52.3%) of the participants were aged 36 years or younger. Slightly more participants were female (56.1%), had an educational level above high school (45.3%), and had a normal weight status (60.5%).

Table 1. Characteristics of study population.

	Men (N=273, 43.9%)	Women (N=349, 56.1%)	Total (N=622)
Country			
Czech Republic	75 (27.5)	74 (21.2)	149 (24.0)
France	72 (26.4)	83 (23.8)	155 (24.9)
Germany	58 (21.2)	101 (28.9)	159 (25.6)
Ireland	68 (24.9)	91 (26.1)	159 (25.6)
Age			
[18,25] years	60 (22.0)	99 (28.4)	159 (25.6)
]25,36] years	74 (27.1)	92 (26.4)	166 (26.7)
]36-50] years	66 (24.2)	80 (22.9)	146 (23.5)
]50,71] years	73 (26.7)	78 (22.3)	151 (24.3)
Level of education			
< High school degree	53 (19.4)	73 (20.9)	126 (20.3)
High school degree	76 (27.8)	89 (25.5)	165 (26.5)
> High school degree	124 (45.4)	158 (45.3)	282 (45.3)
Missing data	20 (7.3)	29 (8.3)	49 (7.9)
Professional situation			
School career	67 (24.5)	121 (34.7)	188 (30.2)

Employed	179 (65.6)	195 (55.9)	374 (60.1)
Unemployed	20 (7.3)	27 (7.7)	47 (7.6)
Missing data	7 (2.6)	6 (1.7)	13 (2.1)
BMI			
<18.5 kg/m ²	1 (0.4)	13 (3.7)	14 (2.3)
[18.5-25.0[kg/m ²	151 (55.3)	225 (64.5)	376 (60.5)
[25.0-30.0[kg/m ²	99 (36.3)	78 (22.3)	177 (28.5)
≥ 30 kg/m ²	22 (8.1)	33 (9.5)	55 (8.8)
Total physical activity level			
Minutes/day	95.0 (33.8)	91.4 (35.3)	93.0 (34.6)
Use of smartphone			
Low (< 20 times per day)	88 (32.2)	111 (31.8)	199 (32.0)
High (> 20 times per day)	178 (65.2)	233 (66.8)	411 (66.1)
Missing data	7 (2.6)	5 (1.4)	12 (1.9)
Well-Being Index (WHO-5)			
Score	65.7 (15.3)	61.4 (15.5)	63.3 (15.5)
Quality of life (SF-36)			
Physical composite score	55.2 (4.9)	55.0 (6.8)	55.1 (6.0)
Mental composite score	48.7 (9.1)	45.6 (11.0)	47.0 (10.3)
EMA compliance			
Low (< 66%)	141 (51.6)	170 (48.7)	311 (50.0)
High (≥ 66%)	132 (48.4)	179 (51.3)	311 (50.0)
Wearable compliance (non-wearing time)			
Low (≥ 2.1 hour)	136 (49.8)	172 (49.3)	308 (49.5)
High (< 2.1 hour)	135 (49.5)	174 (49.9)	309 (49.7)
Missing data	2 (0.7)	3 (0.9)	5 (0.8)

218 Data are N (%) or Mean (SD).

219

220

221 EMA protocol

222 Table 2 shows the data related to the number of EMA questionnaires and EMA compliance. The total
 223 number of EMA prompts to be delivered during the 7-day data collection period was 50,246.
 224 Participants received an average of 11.5 (±SD 1.9) EMA questionnaires per day during the 7-day
 225 monitoring period. Among all the questionnaires sent, 63.7% were answered. The mean time between
 226 prompt and answer for EMA questionnaires was between 3 and 4 minutes.

227 **Table 2.** Description of EMA parameters (N=622).

	N or Mean (SD)
Number of planned questionnaires	50 246
Number of questionnaires planned per person and per day (number of questionnaires)	11.5 (1.9)
Total number of EMA questionnaires answered	31 996
Number of questionnaires answered per person (number of questionnaires)	51.4 (17.1)
Number of questionnaires answered per person and per day (number of questionnaires)	7.4 (3.2)
Time between prompt and answering (minutes)	3.5 (4.0)
EMA compliance rate during monitoring period (%)	63.7 (48.1)
EMA compliance rate during training period (%)	54.2 (49.8)

SD: Standard Deviation. All parameters were calculated on 7-day monitoring period, except when "training period" was mentioned.

Acceptability questionnaire

Table 3 shows mean scores for the items describing the acceptability of wearables and EMA. The composite scores for wearable acceptability were all greater than 4 on the Likert scale. Perceived ease of use and ethical satisfaction both had mean composite scores of 4.6 (\pm SD 0.7 and 0.8, respectively), while daily burden and reactivity had mean scores of 4.1 (\pm SD 0.7 and 1.1, respectively). In contrast, acceptability scores for the EMA were more variable. Reactivity and daily burden scored 3.8 (\pm SD 1.3 and 0.8, respectively), while perceived ease of use and ethical satisfaction scored 4.2 and 4.6, respectively (\pm SD 0.7 for both).

239 **Table 3.** Acceptability scores for wearables (accelerometers) and EMA smartphone use (N=622).

Composite score	Item	Question	Total	
			Mean	SD
Wearable acceptability				
Daily burden ^a			4.1	0.7
Daily burden	Comfort	The wrist-worn devices were comfortable to wear	3.9	1.1
Daily burden	Comfort	The hip-worn devices were comfortable to wear	3.9	1.1
Daily burden	Comfort	The thigh-worn devices were comfortable to wear	4.4	1.0
Daily burden	Manageable	The number of days (9 days) for wearing the devices was manageable	4.3	0.9
Daily burden	Embarrassment to wear	I did not feel embarrassed by wearing the devices	4.3	1.1
Perceived ease of use	Simple handling	The handling of the devices was simple (e.g. charging, putting on)	4.6	0.7
Reactivity	Measurement reactivity	Wearing the devices did not hamper my daily routine	4.1	1.1
Ethical satisfaction	Data sharing	I felt comfortable sharing the data collected by the devices	4.6	0.8
EMA smartphone acceptability				
Daily burden ^a			3.8	0.8
Daily burden	Wear	It was easy to keep my smart phone with me the entire day	3.8	1.3
Daily burden	Fill in time	Responding to the smart phone surveys was quick	4.1	0.9
Daily burden	Number of questionnaires	The number of smart phone surveys over the day was acceptable	3.5	1.2
Daily burden	Annoying	Receiving the smart phone surveys was not annoying	3.4	1.3
Daily burden	Manageable	Answering surveys on the app for 9 days was manageable	4.1	0.9
Perceived ease of use ^a			4.2	0.7
Perceived ease of use	Understanding	The smart phone surveys were clear	4.3	0.9
Perceived ease of use	Self-initiate questionnaires	Reporting my food and drink consumption during the day in the HealthReact app was do-able	4.1	0.9
Perceived ease of use	Technical problems	There were no technical problems when I filled out the surveys	4.3	1.1
Reactivity	Measurement reactivity	Receiving the smart phone surveys led me to change my activity or eating behaviour ^b	3.8	1.3
Ethical satisfaction	Data sharing	I felt comfortable sharing data about my behaviour in the surveys	4.6	0.7

240 *Mean represents the averages for each item where each answer was coded between 1 and 5 (Likert scale from disagree to agree).*

241 *^a Composite score created from the average of items below the score.*

242 *^b The values of this item have been reversed to correspond to the same direction as the other variables.*

243 Sociodemographic, behavioral, and health factors related to acceptability

244 Table 4 shows the associations of socio-demographic, behavioral, and health factors with acceptability
245 scores for the wearable and EMA smartphone components. For the wearable component, participants
246 with higher compliance rates were more likely to report higher daily burden acceptability scores (OR
247 = 1.74, 95% CI [1.08-2.80]). BMI and physical quality of life score were associated with higher odds of
248 reactivity and ethical satisfaction. The effects of country (random effect) ranged from 0.2 to 0.4.

249 Regarding EMA smartphone acceptability, there was a higher likelihood of reporting a high daily
250 burden acceptability score among participants with higher compliance rates (OR = 1.88, 95% CI [1.30-
251 2.72]). Age was negatively associated with a higher reactivity score (OR = 0.62, 95% CI [0.50-0.78]). The
252 perceived physical quality of life score was associated with a higher perceived ease of use score and
253 ethical satisfaction score, whereas the well-being score was associated with a higher ethical
254 satisfaction score. The effects of the country variable (random effect) ranged from 0 to 0.6.

255 **Table 4.** Relationships of socio-demographic, behavioral and health factors with wearables and EMA smartphone acceptability scores (binary variables;
256 N=622).

	Wearable acceptability				EMA smartphone acceptability			
	Daily burden	Perceived ease of use	Reactivity	Ethical satisfaction	Daily burden	Perceived ease of use	Reactivity	Ethical satisfaction
Random effect	Variance (SD)	Variance (SD)	Variance (SD)	Variance (SD)	Variance (SD)	Variance (SD)	Variance (SD)	Variance (SD)
Country	0.2 (0.5)	0.2 (0.5)	0.2 (0.5)	0.4 (0.6)	0.3 (0.5)	0	0.4 (0.6)	0.6 (0.8)
Fixed effects	OR [95% CI]	OR [95% CI]	OR [95% CI]	OR [95% CI]	OR [95% CI]	OR [95% CI]	OR [95% CI]	OR [95% CI]
Sex (ref: Men)								
Women	0.65 [0.40-1.04]	0.52 [0.25-1.08]	0.81 [0.53-1.24]	0.91 [0.49-1.69]	0.86 [0.60-1.23]	1.15 [0.70-1.87]	0.92 [0.64-1.32]	1.26 [0.64-2.47]
Age								
Continuous variable	1.32 [0.98-1.78]	1.49 [0.97-2.28]	0.93 [0.72-1.20]	0.74 [0.52-1.07]	0.99 [0.79-1.23]	1.20 [0.89-1.62]	0.62 [0.50-0.78]	0.68 [0.46-1.01]
Level of education (ref: < High school degree)								
High school degree	0.75 [0.35-1.62]	-	0.98 [0.51-1.89]	1.55 [0.59-4.04]	0.88 [0.50-1.53]	0.89 [0.43-1.83]	0.92 [0.54-1.58]	-
> High school degree	0.69 [0.32-1.48]	-	0.66 [0.34-1.28]	1.21 [0.46-3.17]	0.71 [0.40-1.23]	0.65 [0.33-1.28]	1.23 [0.72-2.12]	-
Level of physical activity								
Continuous variable	1.13 [0.89-1.44]	1.01 [0.71-1.44]	0.95 [0.77-1.18]	1.05 [0.77-1.45]	0.94 [0.78-1.13]	0.98 [0.76-1.25]	1.07 [0.89-1.29]	0.97 [0.68-1.38]
BMI								
Continuous variable	1.06 [0.83-1.34]	1.04 [0.73-1.47]	1.33 [1.04-1.68]	1.49 [1.06-2.10]	1.21 [0.99-1.47]	1.18 [0.91-1.54]	0.94 [0.78-1.13]	1.30 [0.92-1.83]
Well-being								
Continuous variable	0.92 [0.68-1.25]	1.09 [0.70-1.70]	0.96 [0.73-1.27]	1.19 [0.81-1.73]	1.23 [0.97-1.57]	1.21 [0.88-1.68]	0.99 [0.78-1.26]	1.66 [1.11-2.50]
Quality of life, physical composite score								
Continuous variable	1.09 [0.85-1.40]	1.21 [0.87-1.69]	1.35 [1.09-1.68]	1.46 [1.10-1.93]	1.17 [0.96-1.43]	1.54 [1.21-1.94]	1.06 [0.87-1.29]	1.55 [1.16-2.08]
Quality of life, mental composite score								
Continuous variable	1.26 [0.91-1.72]	0.89 [0.55-1.43]	1.22 [0.90-1.64]	1.41 [0.95-2.09]	1.14 [0.88-1.48]	1.10 [0.78-1.55]	1.18 [0.91-1.53]	1.07 [0.69-1.65]
Compliance of wearables (wear-time) / EMA (response rate), ref: low compliance								

High compliance	1.74	1.47	1.50	1.51	1.88	1.47	1.18	1.72
	[1.08-2.80]	[0.73-2.94]	[0.98-2.30]	[0.81-2.79]	[1.30-2.72]	[0.90-2.39]	[0.81-1.70]	[0.88-3.38]
Use of media (ref: low habits)								
High habits	-	-	-	-	0.89	0.99	1.15	1.23
					[0.61-1.32]	[0.58-1.67]	[0.78-1.68]	[0.62-2.44]

257 *OR: Odds Ratio; CI: Confidence Interval. Each score ranged between 1 (negative score) and 5 (positive score).*

258 *All logistic regression models have a country random effect.*

259 *For wearables scores, models were adjusted on age, sex, level of education, BMI, level of total physical activity, well-being, quality of life (physical and mental*

260 *score), and wearable compliance. For perceived ease of use wearables score, we have removed level of education adjustment to all previous adjustment*

261 *variables (due to an unbalance in the categories).*

262 *For EMA smartphone scores, models were adjusted on age, sex, level of education, BMI, level of total physical activity, well-being, quality of life (physical and*

263 *mental score), use of media and EMA compliance. For ethical satisfaction smartphone score, we have removed level of education adjustment to all previous*

264 *adjustment variables (due to an unbalance in the categories).*

265 *Values in bold represent significant OR at the 5% level.*

Discussion

In the present study, we examined the acceptability of an intensive ambulatory assessment protocol including 7 days of four concurrent body-worn wearable devices and frequent EMA questionnaires evaluating physical and eating behaviors in adults. Our results suggest that the acceptability of the wearable sensors was good (average score above four), while the acceptability of the EMA smartphone was fair (score above three), particularly when considering the daily burden and reactivity scores. Among the associated factors, higher compliance with the wearables and the EMA smartphone, younger age, higher BMI, and better physical quality of life were associated with better scores in at least one dimension of acceptability.

A key novel contribution of the present study is that it examines the acceptability of an EMA approach that combines questionnaires with sensor-triggered assessments. This highly intensive protocol required participants to wear four wearable devices and complete up to 17 EMA questionnaires per day. The potential for participant burden under such conditions is considerable. The majority of previous studies have focused on assessing the acceptability of accelerometers (Germini et al., 2022; Mercer et al., 2016) or EMA questionnaires (Hanson et al., 2023; Helle et al., 2023; Jones et al., 2016) separately, but to our knowledge never in combination. This study therefore addresses a critical gap in the literature by providing the first insights into the feasibility of implementing such an ambitious, multimodal assessment protocol.

Our main finding indicates that participants reported good and fair acceptability of wearing four wearables and using an EMA smartphone application, respectively. This finding seems in agreement with the existing literature, with acceptability scores of around 4 on Likert-5 scales in EMA studies (Hanson et al., 2023; Y. S. Yang et al., 2018) and in wearable studies, although the latter studies focused on a single device (Zhang et al., 2022). Although these studies included different age groups (such as older adults) and assessed different behaviors, including mental health, alcohol consumption and PA monitoring, acceptability appears to be comparable across contexts. While acceptability measurement

tools are not directly comparable, they often emphasize perceived ease of use and dimensions within daily burden. The acceptability of our novel method, combining event-based questionnaires with accelerometer-triggered assessments, was positively perceived by participants, suggesting a feasible approach for implementation in future data collection.

Another key finding shows that a low perceived daily burden is associated with better compliance, both for wearables and the EMA smartphone. This result highlights the influence of acceptability on questionnaires response rate and on the wearing time of accelerometers, and therefore on the data quality. Some insights emerged when analyzing the detailed items: it appears that two items, the number of questionnaires and the annoyance aspect, seem to be lower than the other items for the EMA smartphone application acceptability. This suggests that these dimensions of daily burden may serve as critical levers for the successful implementation of new methods. For instance, prioritizing wearables that are waterproof, do not require charging, and are comfortable and easy to wear could help minimize this burden (Lu et al., 2024). Determining the optimal number and frequency of questionnaires is also essential, as highlighted in a pilot study involving 57 healthy participants (Janek et al., 2025). Taken together, these findings underscore the importance of minimizing perceived daily burden to enhance participant compliance and data quality, offering practical guidance for the design and implementation of future protocols.

To better understand the variability in the adoption of a new method, it is essential to consider individual factors that may enhance or reduce acceptability. Unlike previous studies, which have often focused on specific populations such as a particular sex or minority group (Duncan et al., 2019; Hanson et al., 2023; Jones et al., 2016), our study included a diverse pan-European sample of healthy adults of both sexes. In this broader population, no significant associations were observed between acceptability scores and factors such as sex, education, level of PA, and only minimal associations were found with age. Additionally, there was little variability between countries, suggesting that cultural differences had a limited impact on our results. These findings represent an important step towards

establishing a method that is widely acceptable in diverse populations, with the potential for scalability to larger populations.

One difference between wearable and EMA smartphone acceptability was the relationship between reactivity and age. Only one association was found with smartphone acceptability, with higher reactivity associated with older age. This issue of reactivity is a recurring challenge in the field of measurement, and requires careful consideration to minimize bias in assessment. In relation to age, while meta-analyses in older adults have reported high EMA questionnaire response rates in this population (above 80%) (Cain et al., 2009; Yao et al., 2023), older participants may perceive the method as invasive after the protocol, despite their high response rate to the questionnaires. Hypotheses to explain this phenomenon may include lack of familiarity with smartphones or limited technological literacy (Leung et al., 2012). Another study in older adults with an intervention component demonstrated that participants “reported that the intervention changed their thinking (i.e., they became more aware of their sedentary behavior) but not their actual behavior” (Compernelle et al., 2020). The impact on perceived reactivity may therefore not influence questionnaire completion without affecting on data availability.

Among other associated factors, BMI and physical quality of life were positively associated with high ethical satisfaction, and high score of physical quality of life was positively associated with perceived ease of use (both wearable and smartphone parts). These findings may seem paradoxical, as studies have shown that BMI is significantly associated with poor health-related physical quality of life (Corica et al., 2006). These findings suggest that physical quality of life may serve as a lever for predicting smartphone acceptability, emphasizing the influence of health status on participants' perceptions.

Strengths and limitations

This study is the first to examine the acceptability of intensive ambulatory assessment combining multiple wearable devices with an EMA smartphone application. The study benefits from a large, diverse sample drawn from the general population in four countries. Our adult population, which vary

in age, gender and level of total PA, is highly selective and includes only a small sample per country. The participants in this study were relatively well educated and the cross-sectional design does not allow generalization of the findings to the wider population. The use of a convenience sample may have led to a selection of more motivated individuals compared to those typically included in large-scale population-based studies. However, the results show that the methodologies developed are suitable to be applied in larger studies to advance them further and to adapt them to larger population-based surveys. Another limitation is that the acceptability questionnaire was unbalanced, with no question for each accelerometer in the wearable part of the questionnaire. PA and SB reactivity may be influenced by the use of new devices that focus on these behaviors. While wearable and smartphone reactivity seems to be perceived as limited by participants, the actual impact on participants' behavior could be very high. In EMA studies of mood disorders, evidence of reactivity was observed, with changes in variable frequency or intensity during monitoring, highlighting the need to consider and potentially adjust for the effects of monitoring duration (Husky et al., 2010). In the case of wearables, a study on the reactivity of a pedometer worn for two weeks showed interference during the first week, which then subsided before returning to normal behavior (Clemes & Deans, 2012). A final limitation of the study is that participants' familiarity with wearables prior to the protocol was not assessed, which may have influenced their engagement and perceptions, especially if they already had a positive attitude towards the activity tracker.

Conclusion

The assessment of acceptability of the combined use of multiple wearable devices and an EMA smartphone application, including sensor-triggered and self-initiated event-based surveys, indicates a generally good level of acceptability within an intensive ambulatory assessment protocol. This suggests that the data collection approach can be used to develop a more complete understanding of PB and EB and the influence of real-time context. Data collection using this method may play a crucial role in identifying the underlying determinants of health behaviors, such as PA and SB, in the general population and in guiding interventions to improve these behaviors. However, future studies should

367 carefully balance the need to capture sufficient information on behaviors and their determinants with
368 the importance of maintaining high response rates and minimizing participant attrition.

369 For the future, the proposed approach allows for the development of interventions addressing the
370 dynamic nature of movement behaviors and their determinants by providing the appropriate type and
371 amount of support at the right time, through innovative adaptive designs.

Authors' contributions: Each of the authors has participated at all stages of this article and concurs with the content in the final manuscript. The lead author Jérôme Bouchan has undertaken and completed all aspects of the research and writing process thus takes full responsibility for the paper.

Funding Statement: The WEALTH Project is funded by the Joint Programming Initiative a Healthy Diet for a Healthy Life (JPI HDHL) a research and innovation initiative of EU member states and associated countries under grant agreement No 727565, under STAMIFY (Standardised measurement, monitoring and/or biomarkers to study food intake, physical activity, and health). The funding agencies supporting this work are (in alphabetical order of participating countries): Belgium: Fonds Wetenschappelijk Onderzoek – Vlaanderen (Research Foundation – Flanders); Czechia: Ministry of Education, Youth and Sports (MSMT); France: French National Research Agency (ANR); Germany: Federal Ministry of Education and Research (BMBF); Ireland: Health Research Board (HRB).

Conflicts of Interest

None declared.

References

- Battaglia, B., Lee, L., Jia, S. S., Partridge, S. R., & Allman-Farinelli, M. (2022). The Use of Mobile-Based Ecological Momentary Assessment (mEMA) Methodology to Assess Dietary Intake, Food Consumption Behaviours and Context in Young People : A Systematic Review. *Healthcare, 10*(7), 1329. <https://doi.org/10.3390/healthcare10071329>
- Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J.-P., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P. C., DiPietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C. M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P. T., ... Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine, 54*(24), 1451-1462. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>
- Buuren, S. van, & Groothuis-Oudshoorn, K. (2011). mice : Multivariate Imputation by Chained Equations in R. *Journal of Statistical Software, 45*(3). <https://doi.org/10.18637/jss.v045.i03>
- Cain, A. E., Depp, C. A., & Jeste, D. V. (2009). Ecological momentary assessment in aging research : A critical review. *Journal of Psychiatric Research, 43*(11), 987-996. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2009.01.014>

- 401 Clemes, S. A., & Deans, N. K. (2012). Presence and Duration of Reactivity to Pedometers in Adults.
402 *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(6), 1097-1101.
403 <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318242a377>
- 404 Compernelle, S., Cardon, G., Van Der Ploeg, H. P., Van Nassau, F., De Bourdeaudhuij, I., Jelsma, J. J.,
405 Brondeel, R., & Van Dyck, D. (2020). Engagement, Acceptability, Usability, and Preliminary
406 Efficacy of a Self-Monitoring Mobile Health Intervention to Reduce Sedentary Behavior in
407 Belgian Older Adults : Mixed Methods Study. *JMIR MHealth and UHealth*, 8(10), e18653.
408 <https://doi.org/10.2196/18653>
- 409 Corica, F., Corsonello, A., Apolone, G., Lucchetti, M., Melchionda, N., Marchesini, G., & The QUOVADIS
410 Study Group. (2006). Construct Validity of the Short Form-36 Health Survey and Its
411 Relationship with BMI in Obese Outpatients. *Obesity*, 14(8), 1429-1437.
412 <https://doi.org/10.1038/oby.2006.162>
- 413 Crowley, P., Ikeda, E., Islam, S. M. S., Kildedal, R., Schade Jacobsen, S., Roslyng Larsen, J., Johansson, P.
414 J., Hettiarachchi, P., Aadahl, M., Mork, P. J., Straker, L., Stamatakis, E., Holtermann, A., &
415 Gupta, N. (2022). The Surveillance of Physical Activity, Sedentary Behavior, and Sleep :
416 Protocol for the Development and Feasibility Evaluation of a Novel Measurement System. *JMIR*
417 *Research Protocols*, 11(6), e35697. <https://doi.org/10.2196/35697>
- 418 Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information
419 Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319. <https://doi.org/10.2307/249008>
- 420 Delobelle, J., Lebuf, E., Dyck, D. V., Compernelle, S., Janek, M., Backere, F. D., & Vetrovsky, T. (2024).
421 Fitbit's accuracy to measure short bouts of stepping and sedentary behaviour : Validation,
422 sensitivity and specificity study. *DIGITAL HEALTH*, 10, 20552076241262710.
423 <https://doi.org/10.1177/20552076241262710>
- 424 Duncan, D. T., Park, S. H., Goedel, W. C., Sheehan, D. M., Regan, S. D., & Chaix, B. (2019). Acceptability
425 of smartphone applications for global positioning system (GPS) and ecological momentary
426 assessment (EMA) research among sexual minority men. *PLOS ONE*, 14(1), e0210240.
427 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210240>
- 428 Dunton, G. F. (2017). Ecological Momentary Assessment in Physical Activity Research. *Exercise and*
429 *Sport Sciences Reviews*, 45(1), 48-54. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000092>
- 430 Evenson, K. R., & Wen, F. (2015). Performance of the ActiGraph accelerometer using a national
431 population-based sample of youth and adults. *BMC Research Notes*, 8(1), 7.
432 <https://doi.org/10.1186/s13104-014-0970-2>
- 433 Farrahi, V., Rostami, M., Dumuid, D., Chastin, S. F. M., Niemelä, M., Korpelainen, R., Jämsä, T., &
434 Oussalah, M. (2022). Joint Profiles of Sedentary Time and Physical Activity in Adults and Their

- Associations with Cardiometabolic Health. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 54(12), 2118-2128. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000003008>
- Germini, F., Noronha, N., Borg Debono, V., Abraham Philip, B., Pete, D., Navarro, T., Keepanasseril, A., Parpia, S., De Wit, K., & Iorio, A. (2022). Accuracy and Acceptability of Wrist-Wearable Activity-Tracking Devices : Systematic Review of the Literature. *Journal of Medical Internet Research*, 24(1), e30791. <https://doi.org/10.2196/30791>
- Hayes, G., Buck, C., Cardon, G., Cimler, R., Elavsky, S., Fezeu, L.K., Harrington, J.M., Kuhnova, J., Oppert, J.-M., Sigcha, L., Van de Ven, P., Vetrovsky, T., Woods, C.B., Hebestreit, A., and Donnelly, A.E., and the WEALTH consortium. Standardized Methods for Evaluating Physical and Eating Behaviours: The Wearable Sensor Assessment of Physical and Eating Behaviours “WEALTH” Project. (Under Review).
- Hanson, J. D., Harris, A., Gilbertson, R. J., Charboneau, M., & O’Leary, M. (2023). Feasibility and Acceptability of Using Ecological Momentary Assessment to Evaluate Alcohol Use with American Indian Women. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(12), 6071. <https://doi.org/10.3390/ijerph20126071>
- Helle, A. C., Freeman, L. K., Pellegrini, A. M., Wycoff, A. M., Winograd, R., & Trull, T. J. (2023). Implementing an EMA burst design in community-engaged research : Participant and researcher perspectives and recommendations. *The American Journal of Drug and Alcohol Abuse*, 49(1), 53-62. <https://doi.org/10.1080/00952990.2022.2160340>
- Heydarian, H., Adam, M., Burrows, T., Collins, C., & Rollo, M. E. (2019). Assessing Eating Behaviour Using Upper Limb Mounted Motion Sensors : A Systematic Review. *Nutrients*, 11(5), 1168. <https://doi.org/10.3390/nu11051168>
- Hildebrand, M., Van Hees, V. T., Hansen, B. H., & Ekelund, U. (2014). Age Group Comparability of Raw Accelerometer Output from Wrist- and Hip-Worn Monitors. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(9), 1816-1824. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000289>
- Husky, M. M., Gindre, C., Mazure, C. M., Brebant, C., Nolen-Hoeksema, S., Sanacora, G., & Swendsen, J. (2010). Computerized ambulatory monitoring in mood disorders : Feasibility, compliance, and reactivity. *Psychiatry Research*, 178(2), 440-442. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2010.04.045>
- Janek, M., Kuhnova, J., Cardon, G., Van Dyck, D., Cimler, R., Elavsky, S., Fezeu, L. K., Oppert, J.-M., Buck, C., Hebestreit, A., Harrington, J., Sigcha, L., Van de Ven, P., Donnelly, A., Vetrovsky, T., & on behalf of the WEALTH consortium. (2025). Ecological momentary assessment of physical and eating behaviours : The WEALTH feasibility and optimisation study with recommendations for

- large-scale data collection. *PLOS ONE*, 20(2), e0318772.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0318772>
- Johnson, S. G., Potrebny, T., Larun, L., Ciliska, D., & Olsen, N. R. (2022). Usability Methods and Attributes Reported in Usability Studies of Mobile Apps for Health Care Education : Scoping Review. *JMIR Medical Education*, 8(2), e38259. <https://doi.org/10.2196/38259>
- Jones, K. K., Zenk, S. N., McDonald, A., & Corte, C. (2016). Experiences of African-American Women with Smartphone-Based Ecological Momentary Assessment. *Public Health Nursing*, 33(4), 371-380. <https://doi.org/10.1111/phn.12239>
- Leung, R., Tang, C., Haddad, S., McGrenere, J., Graf, P., & Ingriany, V. (2012). How Older Adults Learn to Use Mobile Devices : Survey and Field Investigations. *ACM Transactions on Accessible Computing*, 4(3), 1-33. <https://doi.org/10.1145/2399193.2399195>
- Liao, Y., Skelton, K., Dunton, G., & Bruening, M. (2016). A Systematic Review of Methods and Procedures Used in Ecological Momentary Assessments of Diet and Physical Activity Research in Youth : An Adapted STROBE Checklist for Reporting EMA Studies (CREMAS). *Journal of Medical Internet Research*, 18(6), e151. <https://doi.org/10.2196/jmir.4954>
- Lu, J. K., Wang, W., Goh, J., & Maier, A. B. (2024). A practical guide for selecting continuous monitoring wearable devices for community-dwelling adults. *Heliyon*, 10(13), e33488. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33488>
- Maugeri, A., & Barchitta, M. (2019). A Systematic Review of Ecological Momentary Assessment of Diet : Implications and Perspectives for Nutritional Epidemiology. *Nutrients*, 11(11), 2696. <https://doi.org/10.3390/nu11112696>
- Mercer, K., Giangregorio, L., Schneider, E., Chilana, P., Li, M., & Grindrod, K. (2016). Acceptance of Commercially Available Wearable Activity Trackers Among Adults Aged Over 50 and With Chronic Illness : A Mixed-Methods Evaluation. *JMIR MHealth and UHealth*, 4(1), e7. <https://doi.org/10.2196/mhealth.4225>
- Migueles, J. H., Rowlands, A. V., Huber, F., Sabia, S., & van Hees, V. T. (2019). GGIR : A Research Community-Driven Open Source R Package for Generating Physical Activity and Sleep Outcomes From Multi-Day Raw Accelerometer Data. *Journal for the Measurement of Physical Behaviour*, 2(3), 188-196. <https://doi.org/10.1123/jmpb.2018-0063>
- Perski, O., Blandford, A., West, R., & Michie, S. (2017). Conceptualising engagement with digital behaviour change interventions : A systematic review using principles from critical interpretive synthesis. *Translational Behavioral Medicine*, 7(2), 254-267. <https://doi.org/10.1007/s13142-016-0453-1>
- Prince, S. A., Melvin, A., Roberts, K. C., Butler, G. P., & Thompson, W. (2020). Sedentary behaviour surveillance in Canada : Trends, challenges and lessons learned. *International Journal of*

- Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 17(1), 34. <https://doi.org/10.1186/s12966-020-00925-8>
- Reichert, M., Giurgiu, M., Koch, E. D., Wieland, L. M., Lautenbach, S., Neubauer, A. B., Von Haaren-Mack, B., Schilling, R., Timm, I., Notthoff, N., Marzi, I., Hill, H., Brüßler, S., Eckert, T., Fiedler, J., Burchartz, A., Anedda, B., Wunsch, K., Gerber, M., ... Liao, Y. (2020). Ambulatory assessment for physical activity research : State of the science, best practices and future directions. *Psychology of Sport and Exercise*, 50, 101742. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2020.101742>
- Shephard, R. J. (2003). Limits to the measurement of habitual physical activity by questionnaires. *British Journal of Sports Medicine*, 37(>3), 197-206. <https://doi.org/10.1136/bjsm.37.3.197>
- Shiffman, S., Stone, A. A., & Hufford, M. R. (2008). Ecological Momentary Assessment. *Annual Review of Clinical Psychology*, 4(1), 1-32. <https://doi.org/10.1146/annurev.clinpsy.3.022806.091415>
- Speier, W., Dzubur, E., Zide, M., Shufelt, C., Joung, S., Van Eyk, J. E., Bairey Merz, C. N., Lopez, M., Spiegel, B., & Arnold, C. (2018). Evaluating utility and compliance in a patient-based eHealth study using continuous-time heart rate and activity trackers. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 25(10), 1386-1391. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocy067>
- Spook, J. E., Paulussen, T., Kok, G., & Van Empelen, P. (2013). Monitoring Dietary Intake and Physical Activity Electronically : Feasibility, Usability, and Ecological Validity of a Mobile-Based Ecological Momentary Assessment Tool. *Journal of Medical Internet Research*, 15(9), e214. <https://doi.org/10.2196/jmir.2617>
- Strain, T., Flaxman, S., Guthold, R., Semanova, E., Cowan, M., Riley, L. M., Bull, F. C., & Stevens, G. A. (2024). National, regional, and global trends in insufficient physical activity among adults from 2000 to 2022 : A pooled analysis of 507 population-based surveys with 5·7 million participants. *The Lancet Global Health*. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(24\)00150-5](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(24)00150-5)
- Topp, C. W., Østergaard, S. D., Søndergaard, S., & Bech, P. (2015). The WHO-5 Well-Being Index : A Systematic Review of the Literature. *Psychotherapy and Psychosomatics*, 84(3), 167-176. <https://doi.org/10.1159/000376585>
- Troiano, R. P. (2005). A Timely Meeting : Objective Measurement of Physical Activity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(11), S487-S489. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000185473.32846.c3>
- van Hees, V., & Migueles, J. H. (2025). *GGIR* (Version 3.2-6) [Logiciel]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.1051064>
- Wang, Q., Markopoulos, P., Yu, B., Chen, W., & Timmermans, A. (2017). Interactive wearable systems for upper body rehabilitation : A systematic review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 14(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s12984-017-0229-y>

- 537 Ware, J. E., Kosinski, M., Institute, N. E. M. C. H. H., & Keller, S. D. (1994). *SF-36 Physical and Mental*
538 *Health Summary Scales : A User's Manual*. Health Institute, New England Medical Center.
539 <https://books.google.fr/books?id=UQDKDAEACAAJ>
- 540 Ware, J. E., & Sherbourne, C. D. (1992). The MOS 36-Item Short-Form Health Survey (SF-36) : I.
541 Conceptual Framework and Item Selection. *Medical Care*, 30(6), 473-483.
542 <https://doi.org/10.1097/00005650-199206000-00002>
- 543 Williams, M. T., Lewthwaite, H., Fraysse, F., Gajewska, A., Ignatavicius, J., & Ferrar, K. (2021).
544 Compliance With Mobile Ecological Momentary Assessment of Self-Reported Health-Related
545 Behaviors and Psychological Constructs in Adults : Systematic Review and Meta-analysis.
546 *Journal of Medical Internet Research*, 23(3), e17023. <https://doi.org/10.2196/17023>
- 547 World Health Organization. (2000). Obesity : Preventing and managing the global epidemic. *World*
548 *Health Organization technical report series*, 894, 1-253.
- 549 Yang, L., Cao, C., Kantor, E. D., Nguyen, L. H., Zheng, X., Park, Y., Giovannucci, E. L., Matthews, C. E.,
550 Colditz, G. A., & Cao, Y. (2019). Trends in Sedentary Behavior Among the US Population, 2001-
551 2016. *JAMA*, 321(16), 1587. <https://doi.org/10.1001/jama.2019.3636>
- 552 Yang, Y. S., Ryu, G. W., Han, I., Oh, S., & Choi, M. (2018). Ecological Momentary Assessment Using
553 Smartphone-Based Mobile Application for Affect and Stress Assessment. *Healthcare*
554 *Informatics Research*, 24(4), 381. <https://doi.org/10.4258/hir.2018.24.4.381>
- 555 Yao, L., Yang, Y., Wang, Z., Pan, X., & Xu, L. (2023). Compliance with ecological momentary assessment
556 programmes in the elderly : A systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*, 13(7), e069523.
557 <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-069523>
- 558 Zhang, Z., Giordani, B., Margulis, A., & Chen, W. (2022). Efficacy and acceptability of using wearable
559 activity trackers in older adults living in retirement communities : A mixed method study. *BMC*
560 *Geriatrics*, 22(1), 231. <https://doi.org/10.1186/s12877-022-02931-w>

4. Discussion du chapitre

L'acceptabilité globale du protocole intensif, avec la combinaison d'un dispositif EMA et d'appareils accélérométriques, s'est révélée globalement satisfaisante. La compréhension de l'acceptabilité des participants adultes au sein d'un protocole intensif d'évaluation ambulatoire, comprenant l'EMA, permet de suggérer une utilisation possible de ces méthodes dans des études futures à plus large échelle. Cependant, comme le soulignent nos résultats, il est important de porter attention à la charge quotidienne induite par le protocole qui peut influencer la compliance de l'EMA et des accéléromètres. L'analyse des items détaillés du questionnaire a permis de mettre en évidence que le nombre de questionnaires et l'aspect dérangerant pouvaient servir de levier pour la mise en œuvre réussie de nouvelles méthodes. Il est également essentiel de déterminer le nombre et la fréquence optimaux des questionnaires, comme l'a souligné l'étude pilote du projet (Janek et al., 2025). Nous pouvons donc émettre l'hypothèse qu'un protocole moins intensif, avec un nombre plus réduit d'appareils accélérométriques et de questionnaires EMA, pourrait avoir une meilleure acceptabilité. En effet, il semble important de minimiser le nombre d'appareils accélérométriques au besoin de la question de recherche, pour minimiser la charge quotidienne, augmenter la facilité d'utilisation mais aussi minimiser l'interférence avec les habitudes du quotidien que peut provoquer une multitude d'appareils. Par ailleurs, il semble nécessaire de minimiser le nombre de questionnaires EMA déclenchés chaque jour, en ciblant un type de questionnaire spécifique déclenché au moment le plus opportun.

Bien que l'évaluation ambulatoire combinant EMA et accélérométrie ait une acceptabilité satisfaisante, renforçant sa faisabilité en population adulte, il est important de s'intéresser en parallèle à la dimension d'adhérence à la méthode. Afin d'affiner la compréhension de la faisabilité de cette nouvelle méthode de mesure, l'étude de l'adhérence peut alors permettre de comprendre de manière objective dans quelle mesure les participants adultes répondent de façon effective aux questionnaires EMA.

Chapitre 2 Facteurs d'adhérence à la méthode de l'EMA

1. Introduction

L'EMA est une méthode de mesure qui a la particularité de créer davantage de données manquantes par rapport à d'autres outils de mesure des CP, du fait d'un grand nombre de questionnaires envoyés chaque jour aux participants. L'utilisation de la méthode de l'EMA nécessite donc de gérer un nombre important de données manquantes, et donc également de comprendre leur provenance. L'étude de l'adhérence à l'EMA, entendue au sens de taux de remplissage aux questionnaires (appelée par la suite compliance), est donc une étape importante dans l'évaluation de la faisabilité de la méthode. En étudiant les facteurs associés à la compliance, il est possible de mettre en avant des facteurs associés à une faible compliance, et donc des facteurs potentiellement associés à des données manquantes non aléatoires. Un facteur important pour la gestion des données manquantes est le comportement étudié, représenté dans notre étude par le niveau d'AP.

2. Résumé en français

Contexte :

L'EMA est une méthode menée dans des conditions de vie libre, qui permet d'évaluer les comportements et leurs contextes en temps réel et de manière répétée. Un taux de compliance élevé est essentiel pour garantir la qualité et l'impartialité des données. Cette étude a examiné la compliance au niveau individuel et au niveau du groupe dans une étude EMA à grande échelle dans le cadre du projet WEALTH.

Méthodes :

Un total de 626 adultes en bonne santé (âge moyen 38,2 ans, 56,1 % de femmes) recrutés en Irlande, Allemagne, France et République Tchèque, recrutés par échantillonnage de commodité, ont participé à un protocole d'EMA de 7 jours. Les participants ont reçu des questionnaires basés sur le temps (déclenchés aléatoirement 7 fois par jour) et des questionnaires événementiels, déclenchés par la

montre Fitbit® lors d'épisodes de 20 minutes de position assise ininterrompue (maximum 4/jour) ou 5 minutes de marche (maximum 3/jour) ou 5 minutes de course (maximum 3/jour). Les questionnaires EMA contenaient des éléments sur le CP, les états affectifs, la localisation et les interactions sociales. Les questionnaires expiraient au bout de 15 minutes, avec un maximum de trois rappels. Au départ, les données sociodémographiques ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire et l'IMC a été calculé à partir de la taille et du poids mesurés. Après les 7 jours du protocole EMA, un questionnaire d'acceptabilité a été rempli par les participants. Dans tous les pays, à l'exception de la France, les participants ont reçu une récompense monétaire (de l'ordre de 30 Euros) indépendante du taux de compliance. La durée d'utilisation de l'appareil Fitbit® Charge 5 a été évaluée à partir des enregistrements de la fréquence cardiaque. La compliance à l'EMA (réponse à ≥ 2 items) a été analysée via des modèles logistiques multiniveaux, en ajustant sur le sexe, l'âge, le niveau d'éducation, la situation professionnelle, l'AP totale, la composante physique de la qualité de vie, les habitudes d'utilisation du smartphone, la plateforme d'exploitation du smartphone, l'acceptabilité du score EMA, le type de questionnaire EMA, le jour de la semaine, la période de la journée et l'adhésion à l'accéléromètre Fitbit®.

Résultats :

Au total, 50 552 questionnaires EMA ont été envoyés (30 606 basées sur le temps, 19 946 basées sur les événements) aux participants, soit une moyenne de $11,5 \pm 2,0$ par jour. La compliance moyenne était de $63,4 \pm 19,1$ %, avec une compliance plus faible pour les enquêtes temporelles par rapport aux enquêtes événementielles (OR : 0,79 95%CI [0,75-0,82]). La compliance était plus faible pour les enquêtes réalisées les jours de week-end par rapport aux jours de semaine (OR : 0,77 [0,73-0,82]) et pour les enquêtes réalisées l'après-midi et le soir par rapport au matin (OR : 0,93 [0,89-0,97] et 0,81 [0,76-0,86], respectivement). Les utilisateurs d'iOS (40,3 %) ont montré une compliance plus élevée que les utilisateurs d'Android (OR : 1,80 [1,55-2,10]), probablement en raison des différences techniques entre les plateformes. Une meilleure compliance était également associée à un niveau

d'éducation plus élevé (OR = 1,32, IC 95 % [1,03-1,68]), à une plus grande acceptabilité de l'EMA (OR = 1,20, IC 95 % [1,11-1,29]) et à une durée de port plus longue (OR = 1,14, IC 95 % [1,06-1,22]). L'âge, le sexe, l'IMC et le statut professionnel n'étaient pas significativement associés à la compliance de l'EMA.

Conclusions :

Dans cette étude, la compliance de l'EMA était satisfaisante, mais elle n'était pas totalement aléatoire puisque certains facteurs y étaient associés. En effet, la compliance a été influencée par le type d'enquête (temporelle ou événementielle), le moment du déclenchement du questionnaire EMA, le système d'exploitation du smartphone, le niveau d'éducation, l'acceptabilité à l'EMA et l'adhésion aux accéléromètres. Ces résultats soulignent la nécessité de concevoir des protocoles et des stratégies d'engagement du participant bien adaptées afin d'améliorer la compliance dans le cadre des recherches utilisant l'EMA.

3. Article soumis

Ce travail a fait l'objet d'un article soumis à la revue International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, intitulé « Patterns of compliance with ecological momentary assessment for physical behaviour in adults: the WEALTH project ». La version soumise à cette revue est présentée ci-dessous.

1 Introduction

Despite coordinated multi-sectoral initiatives and international policies led by global health organizations, the prevalence of physical inactivity and high sedentary behaviour has risen worldwide over the past decade (1,2). To better understand and tackle inactivity and sedentary behaviour, we need to explore the context and the temporal fluctuation of the behaviours in greater depth. Traditional assessments based on questionnaires or accelerometers fail to integrate the contextual dimension (3), highlighting the need for innovative measurement approaches.

Mobile Ecological Momentary Assessment (EMA) enables a real-time assessment of behaviours and the context in which they take place, by questioning individuals in free-living conditions using a portable device (4). By repeatedly collecting real-time self-reports on participants' behaviours, experiences, and contexts using for instance smartphones, this method helps to avoid recall bias compared to usual questionnaire data (4). Another advantage of EMA is the longitudinal recording of the data, allowing for detailed insight into temporal fluctuations of behaviours and its context. In the field of physical behaviour, defined as the combination of physical activity, sedentary behaviour and sleep, EMA has become a key method driven by the ubiquitous availability of mobile devices and wearable sensors. EMA is a valuable method for studying the relationship between behaviour and context (e.g., location, company) or mood (e.g., affect, fatigue) (5). Two commonly used types of EMA surveys are time-based and event-based EMA: time-based EMA triggers questionnaires at random moments of the day; whereas event-based EMA triggers questionnaires in response to a specific behaviour, either self-reported or automatically detected by wearable sensors such as accelerometers.

Data quality and quantity are crucial considerations when using EMA, emphasizing the importance of participant compliance with the protocol. EMA compliance is typically defined as the proportion of triggered questionnaires that are completed, enabling data collection as opposed to unanswered prompts. A meta-analysis reported an average compliance of 79% across 477 articles reporting a wide range of behaviours (health behaviour, mental health, emotions...) through EMA for all ages (6). This

review also showed that only nine EMA studies reported compliance rates below 50%. Another meta-analysis on health-related behaviours and psychological constructs in adults found a compliance of 82% (ranging from 38% to 98%) in 68 studies (7). Previous EMA studies in the field of physical activity and sedentary behaviour have shown relatively high compliance rates among older adults (8,9), with an average compliance between 77.5% and 92%. For adolescents, a meta-analysis on movement behavior EMA studies reported a mean compliance of 80.6%, with a range of 40.2% to 99.3% (10). There is however a lack of data on healthy adults, even though the method has potential applications in large-scale surveillance studies or interventions aimed at the general adult population. Although compliance rates are generally acceptable, it remains important to gain deeper insight into the nature of compliance. Low compliance among some participants is a common occurrence, likely attributable to the considerable burden imposed on participants by the need to complete multiple repeated assessments (11). A high level of compliance is crucial for generating high-quality data, particularly with regard to missing data issues. Indeed, EMA data can be biased if the probability of missingness is related to unobserved EMA data and behaviours or contexts of interest, such as unhealthy behaviours or negative mood (12). In such cases, data are not missing at random (NMAR), and the validity of the findings may be compromised. Even when data are missing at random (MAR), bias can still be introduced, potentially affecting both the internal and external validity of study outcomes.

Beyond assessing EMA compliance rates, it is essential to investigate the underlying factors contributing to low compliance. Identifying factors that influence prompt response is key to developing strategies that enhance response rates and reduce potential bias from non-random missing data (13). Indeed, EMA compliance can be influenced by multiple factors, including study design characteristics and individual factors. Study design characteristics, such as the number of study days or the presence of financial compensation, may contribute to differences in compliance rates. A meta-analysis showed higher EMA compliance in samples with monetary incentives compared with no incentives (6). Some meta-analyses (7,14) but not all (15), have identified a negative relation between the daily number of prompts and compliance. Additionally, previous studies reported a lower compliance rates when a

high number of items (> 26) had to be answered (7). Allowing to use the EMA-supporting software on the personal smartphone has also been associated with higher compliance rates compared to carrying a second study-smartphone with an installed EMA software (16). Compliance appears furthermore to vary according to the time of day, with better compliance observed in the evening than in the morning (8). However, findings explaining the within-subject influences on the temporal fluctuation, including both within and between days, are scarce.

Regarding sociodemographic characteristics, the effect of gender on compliance appears complex and seems to depend on the specific protocol used (6). The relationship between age and compliance appears nonlinear, with the highest compliance observed among both young and older adults (6), suggesting a U-shaped curve. Associations between education level and EMA compliance were often underreported in feasibility EMA studies, and existing research—particularly among older populations—has found no association between educational level and EMA compliance (9). In addition to traditional sociodemographic factors, baseline adherence to health guidelines may influence compliance. Individuals already engaging in the targeted health behavior, such as being physically active, may feel more motivated or aligned with the study's aims, thus increasing their likelihood of adhering to the EMA protocol. A better understanding of the factors that positively or negatively influence EMA compliance is important. These insights can help optimize study designs and improve compliance monitoring, ultimately improving data quality throughout the protocol. Few large-scale studies have investigated compliance in adult populations using an intensive protocol combining EMA and accelerometers, while simultaneously examining a broad range of explanatory factors.

This study aimed therefore to examine EMA compliance in healthy adults from a pan-European sample. Intrapersonal variability in EMA compliance was assessed by examining variances in compliance within and between days, as well as between event-based and time-based prompts, and interpersonal variability in EMA compliance was explored by examining the role of individual characteristics, including socio-demographics.

Methods

Study design and participants

A 9-day intensive longitudinal study with time -and event-based EMA was conducted across five research centres in the Czech Republic (two sites), France, Germany, and Ireland, within the scope of the WEALTH project (Wearable sensors for the assessment of physical and eating behaviours). Details about the protocol, the recruitment, and the standard operation procedures have been provided elsewhere (ref. article Grainne). Briefly, participants were recruited between March 2023 and March 2024 via stratified (by gender) convenience sampling methods using letters, emails, telephone calls, posters, flyers, and social media. Participants were required to be aged between 18 and 64 years. To maintain protocol homogeneity and to ensure the relevance of the data processing methods applied, individuals with overt chronic diseases, physical impairments and those engaged in shift work were excluded from the study. In the Czech Republic, Germany and Ireland, participants received a cash reward upon completion of the study independent of compliance (€ 30-40) to encourage participation and ensure the return of all devices. In France, organizational constraints prevented the provision of a cash reward. A total of 627 adults completed the study. Ethical approval was obtained in all participating countries, and informed consent was collected from all participants (see specific section). The protocol was pilot-tested and subsequently optimized to enhance feasibility and data quality (17). The EMA study was described following the reporting guidelines outlined in the Checklist for Reporting EMA Studies (18).

EMA measurement for physical behaviours

For the 9-day EMA protocol, the data collection was standardised, with the day when participants attended the lab (day -1) and the first full day (day 0) considered as “lead-in” days, followed by 7 full days of the monitoring period (i.e., day 1 - day 7). The lead-in period allowed participants to familiarize themselves with the study protocol and devices in their natural environment. Data collected over the subsequent seven days (days 1 to 7) were included in the analyses. Participants without a compatible

102 smartphone or without a mobile data plan were provided with a project smartphone, which included
103 a continuous mobile internet connection. The EMA protocol consisted of a combination of time-based
104 surveys, self-initiated event-based surveys and sensor-triggered event-based surveys. The self-
105 initiated event-based surveys used to assess eating behavior were linked to the participants' dietary
106 intake of specific foods or meals, and beyond the scope of the present compliance study. The event-
107 and time-based surveys to assess physical behaviour were triggered on a smartphone application
108 (HealthReact®). HealthReact is a flexible platform designed for scientific studies, health monitoring,
109 and especially suitable for EMA research. It combines data from wearable devices (e.g. Fitbit) with a
110 mobile app that sends context-aware questionnaires based on live data or time-based schedules. The
111 system allows researchers to set custom rules for triggering surveys, supporting accurate and
112 responsive data collection in real-world settings. The event-based prompts were triggered by data
113 collected from the Fitbit® Charge 5 that was worn on the participants' non-dominant wrist over a 24-
114 hour period, with removal only for charging (approximately 1 hour after 5 days). The Fitbit® device
115 provided a minute-level number of steps and several heart rate recordings per minute, allowing the
116 accurate detection of short bouts of stepping (19). These data were collected continuously and
117 required an active internet connection for regular synchronization with the Fitbit® server, which
118 occurred automatically approximately every 15 to 16 minutes or when manually triggered by the
119 participant. Immediately after each sync, the data were evaluated to detect potential sedentary,
120 walking, or running events. For sedentary events, the detection window was set to 1 minute prior to
121 the time of the prompt, meaning participants were likely still sitting or had just recently stopped. In
122 contrast, for walking and running events, the detection window extended to 17 minutes prior to the
123 prompt. This was designed to account for the typical synchronization delay and to maximize the
124 likelihood of capturing all eligible events. As a result, walking and running activity may have ended up
125 to 17 minutes before the survey was triggered. A sitting survey was triggered after 20 consecutive
126 minutes of 0 steps with heart rate signal detection. A maximum of two sitting surveys were
127 administered within each of the 8:00-14:00 and 14:00-20:00 time windows. A walking survey was

triggered after five consecutive min with $\geq 60 < 140$ steps/min, with two minutes of outliers allowed and a maximum of three walking surveys per day. A running survey was triggered after five consecutive minutes with ≥ 140 steps/min, with two minutes of outliers allowed and a maximum of three running surveys per day. In addition to event-based surveys, there were seven time-based surveys (08:00-09:45 morning survey, 10:15-11:45, 12:15-13:45, 14:15-15:45, 16:15-17:45, 18:15-19:45 daily surveys, 20:15-21:45 evening survey) triggered randomly in the predefined time windows. These windows were designed with a time gap to ensure the questionnaires were 30 minutes apart. Participants were instructed to complete the survey within 15 minutes of receiving the prompt. They received a reminder three times during the 15-minute validity period of the questionnaire: after 5 minutes, after 10 minutes, and 12 minutes. The survey was sent to the server when it was completed or after the time for completion was expired (even when not completed). The maximum number of surveys a participant could receive per day was 17, depending on the number of triggered event-based surveys. Surveys contained between 8 and 17 items, depending on the type of surveys and the branching out of the questions, assessing physical behaviour, affective states, location, and social company, which can be found elsewhere (17). Thus, participants required approximately two minutes to complete each survey. Throughout the entire protocol, participant support was ensured by the project staff through a dedicated hotline, personalized explanations of the technologies during the laboratory visit, rigorous monitoring of device synchronization, and, when necessary, the implementation of individualized solutions to address technical issues.

EMA compliance, latency and timing

Compliance was defined as having answered at least two items in one triggered survey. This approach was used to avoid classifying as compliant any surveys in which participants may have answered only the first item simply to silence repeated reminders. Response latency was defined as the time between a prompt and the start of a survey response. For the purpose of the analysis, survey timing was categorized into four time periods: morning (6:00–12:00), afternoon (12:00–18:00), evening (18:00–24:00), and night (24:00–6:00).

Sociodemographic, health and accelerometers measurements

Sociodemographic data were collected through a baseline online questionnaire, which included sex, age, education level according to ISCED (20) (categorized as below high school, high school, or above high school), and employment status (student, employed, or unemployed). Additionally, the questionnaire incorporated the Short Form 36 Health Survey (SF-36) (21) and a single item assessing smartphone use frequency. The SF-36 assesses eight dimensions of health-related quality of life: general health (five items), vitality (four items), bodily pain (two items), limitation of physical problems (four items), limitation of emotional problems (three items), mental health (five items), and physical functioning (ten items), social functioning (two items). The physical composite score (PCS) and mental composite score (MCS) was calculated as recommended (22). Use of media indicator was built by focusing on the item relating to the frequency of phone use ("How often do you use your smartphone on a typical day?", with six ordered answer options from "I don't have access to a smartphone" to "51-100 times per day"), and using the median to discriminate low and high smartphone use. To assess physical activity, participants wore a tri-axial ActiGraph GT3X+ (ActiGraph, FL, USA) accelerometer on their right hip during waking hours of the 9-day protocol, except during aquatic activities and sleep. Data were processed using the GGIR package in R, applying ENMO-based cut-points to classify activity intensities (23). A valid day was defined as ≥ 8 hours of wear time, and daily PA variables were calculated using a weighted average between weekdays and weekends. Following completion of the baseline questionnaire, weight, height, waist circumference, and handgrip strength, were measured during the laboratory visit on "day -1". Body Mass Index (BMI) was calculated as weight divided by height squared (kg/m^2) and categorized into underweight ($\text{BMI} < 18.5 \text{ kg/m}^2$), normal weight ($18.5 \leq \text{BMI} < 25 \text{ kg/m}^2$), overweight ($25 \leq \text{BMI} < 30 \text{ kg/m}^2$), and obesity ($\text{BMI} \geq 30 \text{ kg/m}^2$) (24). Wearing time was assessed based on periods with recorded Fitbit® heart rate signals, and adherence was calculated as the percent of wear time during 24-hour. Acceptability was measured through a questionnaire, filled in anonymously by participant after the protocol during a second lab visit. Questions included a five-

point Likert scale of agreement on ten items about EMA smartphone application, ranging from 1 (strongly disagree) and 5 (strongly agree), as reported elsewhere (Hayes, 2025).

Statistical analysis

EMA parameters were described using descriptive statistics and daily EMA compliance was visualized for the full sample. Multilevel logistic regression models were used to examine the associations between sociodemographic and health factors as independent variables and compliance to EMA as a binary outcome variable. A multilevel model was used to account for the nested structure of the data (i.e., days were nested within individuals and individuals were nested within countries). The model was built through an unconditional model, only with random effects for country, individuals, and days, and the Akaike Information Criterion (AIC) was used to determine the best fit of the data. Associations with compliance were analysed through an unadjusted model and an adjusted full model (13 covariables presented on Table 3). Missing data on covariates were handled using imputation by chained equations, implemented via the mice package in R (25), incorporating eight variables: level of education, professional situation, BMI, physical quality of life scores, media use habits, wearable compliance, EMA acceptability and total PA. Assumptions for the multilevel logistic regression model, such as linearity of the logit for continuous predictors and absence of multicollinearity, were considered and met. No major violations were detected based on model diagnostics. Odds ratios (OR) were calculated from the coefficients of the multilevel logistic regression models, along with their 95% confidence intervals (CI 95%). The random effects were estimated through the variance. The percentage of variance attributable to a specific level (i.e., countries, person, or days) was calculated by dividing the variance components of the grouping variable by the total variance (i.e., the sum of the variance components). Intraclass Correlation Coefficients (ICCs) were used to quantify the proportion of variance in EMA compliance attributable to within-person, between-person, and between-country variability in multilevel models. This helps quantify the contribution of random effects, such as differences between participants or days, relative to the total variance. When analyzing response latency, we examined its association with participants' average compliance across the protocol (level

of compliance), as latency data were only available when at least one EMA item was answered. Pearson correlation was calculated between average compliance per participant and average latency per participant. All analyses used data collected with EMA and accelerometers during the monitoring period (day 1 to day 7), expected as mentioned. All data were analysed using R® studio software (R version 4.3.1). A 5% threshold was set for p-value significance.

Results

Population characteristics

Analyses were carried out on 626 participants, after excluding one participant who had only two days of recordings due to technical issues. Table 1 presents the characteristics of the study population (N=626). The sample was distributed between the four countries in a roughly equal proportion (Czech-Republic, France, Germany and Ireland). The total sample had a mean age of 38.2 years (SD ± 14.3). Most of participants were female (56.1%), had an education level higher than high school degree (45.1%), and had a normal weight status (60.3%).

Table 1. Study population description (N=626).

Sociodemographic variables	N (%) or Mean (SD)
Country	
Czech Republic	150 (24.0)
France	156 (24.9)
Germany	161 (25.7)
Ireland	159 (25.4)
Sex	
Men	275 (43.9)
Women	351 (56.1)
Age	
Mean	38.2 (14.3)
Level of education	
< High school degree	129 (20.6)
High school degree	165 (26.4)
> High school degree	283 (45.2)
Missing data	49 (7.8)
Professional situation	
School career	189 (30.2)
Employed	377 (60.2)
Unemployed	47 (7.5)

Missing data	13 (2.1)
Other variables	
BMI	
<18.5 kg/m ²	14 (2.2)
[18.5-25.0[kg/m ²	378 (60.4)
[25.0-30.0[kg/m ²	177 (28.3)
>= 30 kg/m ²	57 (9.1)
Total daily PA (minutes/day)	
Mean	93.0 (34.8)
Missing data	11 (1.8)
Use of smartphone	
Low (< 20 times per day)	414 (66.1)
High (> 20 times per day)	200 (31.9)
Missing data	12 (1.9)
Wearable non-wear time <u>per day</u> (non-wearing time in minutes)	
Mean	79.9 (169.3)
Missing data	5 (0.8)
Adherence of wearable wear time <u>during 7 days protocol</u> (%)	
Mean	94.3 (9.5)
Missing data	5 (0.8)
EMA acceptability score (range 10-50)	
Mean	40.0 (5.9)
Missing data	4 (0.6)

219

220 EMA parameters

221 Table 2 presents the key parameters of the EMA protocol. A total of 50,552 surveys were sent,
 222 averaging 11.5 per day (SD \pm 2.0), with a majority of time-based questionnaires (60.5%). The most
 223 widely used platform was the Android platform (59.7%). Mean compliance was 63.4% (SD \pm 19.1), with
 224 lower compliance on weekends (59.8%, SD \pm 21.6). Throughout the monitoring period, EMA
 225 compliance remained stable, ranging between 61.2% and 69.1% (Figure 1). The average latency time
 226 was 1.45 minutes (SD \pm 5.15).

227

228

229

230

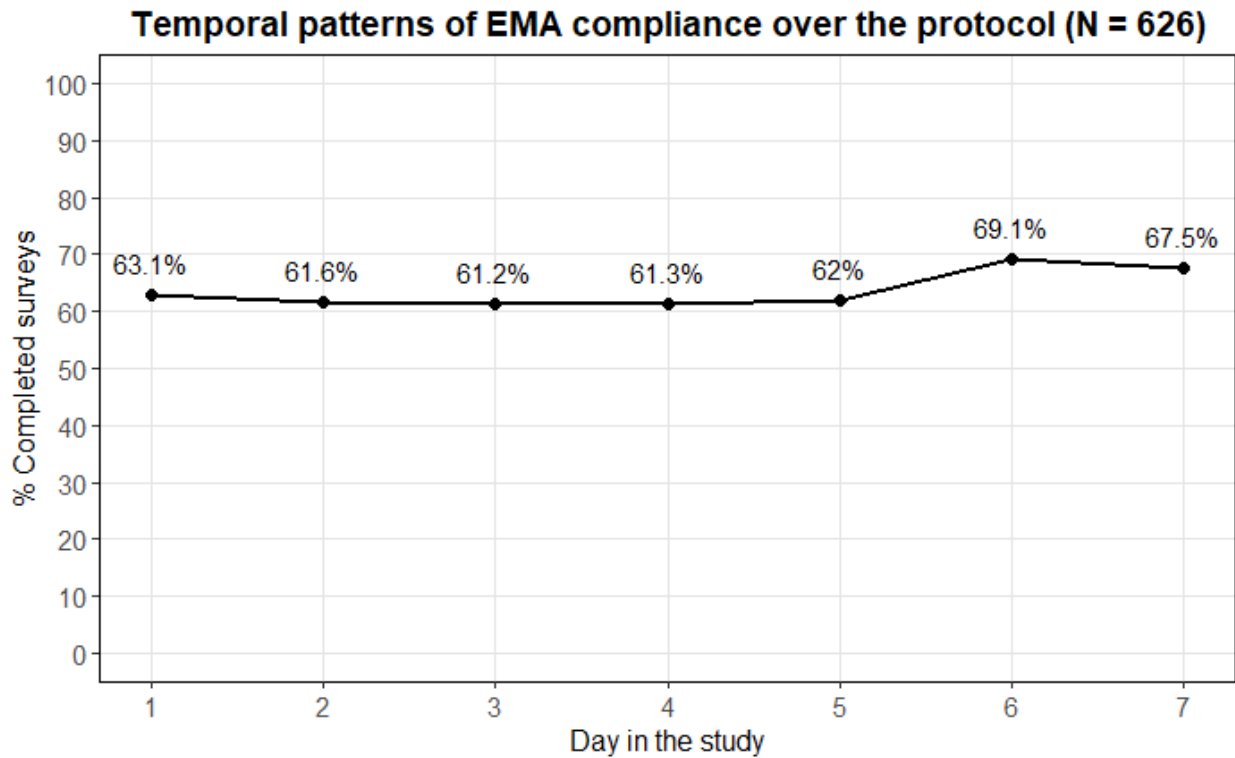
231 **Table 2.** EMA parameters (N=626 participants).

	N (%) or Mean (SD)	Mean percentage of EMA compliance (SD)
Number of triggered questionnaires during the 7 days protocol per participant	80.8 (9.4)	-
Number of triggered questionnaires per day and participant	11.5 (2.0)	-
Latency - Time between prompt and answering (minutes) – Median (IQR)	1.45 (5.15)	-
EMA compliance (%)	63.4 (19.1)	-
Number of questionnaires answered per person	51.4 (17.1)	-
Type of questionnaire		
Event-based	19 946 (39.5)	66.4 (21.9)
Time-based	30 606 (60.5)	61.4 (21.6)
Time of day for questionnaire triggering		
Weekday	36 561 (72.3)	64.8 (19.5)
Week-end day	13 991 (27.7)	59.8 (21.6)
Time during the day for questionnaire triggering		
Morning	20 967 (41.5)	64.3 (20.9)
Afternoon	22 038 (43.6)	63.2 (20.6)
Evening	7 063 (14.0)	58.1 (27.1)
Night	484 (1.0)	64.7 (42.0)
Model of smartphone		
iOS	252 (40.3)	68.7 (17.6)
Android	374 (59.7)	59.8 (19.3)
Compliance rates during training period (%)	54.2 (49.8)	

232 *SD: Standard Deviation. All parameters were calculated on 7-day monitoring period, except when*
233 *“training period” was mentioned.*

234

235 **Figure 1.** Temporal patterns of EMA compliance over the protocol (N = 626).



236

237 *All participants do not start on the same day of the week.*

238

239 **Inter- and intrapersonal variability of EMA compliance**

240 Table 3 shows the random and fixed effects from the multilevel logistic models for EMA compliance.

241 The variance decomposition from the three-level unconditional random intercept multilevel logistic

242 models indicated that compliance variability was primarily driven by between-person (71.9%),

243 followed by between-day (19.9%) and between-country (8.2%) differences. Analysis of ICC revealed

244 that approximately 25% of the variance in compliance could be attributed to the hierarchical structure

245 of the data.

246

247 **Table 3.** Random and fixed effects on the compliance of adults with EMA (N=626).

Random effects (null model)	Variance (SD)	Percentage of total random variance	Percentage of total variance (ICC)
Country	0.09 (0.30)	8.2	5.1
Individuals within countries	0.81 (0.90)	71.9	18.4
Days within individuals within countries	0.22 (0.47)	19.9	2.1

Fixed effects	Univariate models OR [95% CI]	Full model OR [95% CI]
Sex (ref: Men)		
Women	1.00 [0.87-1.17]	0.99 [0.85-1.14]
Age (increment 1 year)	1.01 [0.93-1.09]	1.04 [0.94-1.16]
Level of education (ref: < High school degree)		
High school degree	1.10 [0.87-1.38]	1.19 [0.94-1.50]
> High school degree	1.13 [0.90-1.43]	1.32 [1.03-1.68]
Professional situation (ref: employed)		
School career	0.98 [0.82-1.17]	0.97 [0.78-1.21]
Unemployed	0.96 [0.72-1.28]	0.95 [0.72-1.25]
Level of physical activity (increment 1 unit)	0.98 [0.91-1.06]	0.97 [0.91-1.05]
Physical quality of life (increment 1 unit)	1.07 [0.99-1.15]	1.04 [0.96-1.12]
EMA score acceptability (increment 1 unit)	1.21 [1.12-1.30]	1.20 [1.11-1.29]
Wear time of wearables (increment 1 unit)	1.14 [1.06-1.23]	1.14 [1.06-1.22]
Use of smartphone (ref: low habits)		
High habits	1.10 [0.94-1.30]	1.06 [0.91-1.24]
Type of questionnaire (ref: event-based)		
Time-based	0.77 [0.73-0.80]	0.79 [0.75-0.82]
Moment of questionnaire during the week (ref: weekday)		
Week-end	0.77 [0.73-0.81]	0.77 [0.73-0.82]
Period of the day (ref: Morning)		
Afternoon	0.92 [0.88-0.96]	0.93 [0.89-0.97]
Evening	0.76 [0.71-0.81]	0.81 [0.76-0.86]
Night	1.10 [0.88-1.36]	0.94 [0.75-1.16]
Model of smartphone (ref: Android)		
iOS	1.69 [1.45-1.97]	1.80 [1.55-2.10]

OR: Odds Ratio; CI: Confidence Interval.

Random effects and ICC were obtained with a null model, only with the three random effects.

Full model was adjusted on sex, age, level of education, professional situation, total PA, physical quality of life, media habits, smartphone platform, EMA score acceptability, type of questionnaire, day of the week, period of the day and accelerometer compliance. Univariate and full models have three random effects: country, individuals nested in the country, days nested in individuals nested in the country.

Values in bold indicated significance ($p < 0.05$).

The fixed effects from the multilevel logistic models show several factors associated with compliance. Considering protocol-related factors, compliance was lower for time-based compared to event-based surveys (OR: 0.79, 95% CI [0.75–0.82]). Participants using iOS devices exhibited higher compliance than Android users (OR: 1.80, 95% CI [1.55–2.10]). Compliance was also lower during weekend days compared to weekdays (OR: 0.77, 95% CI [0.73–0.82]), and during the afternoon and evening compared to the morning (OR: 0.93, 95% CI [0.89–0.97] and OR: 0.81, 95% CI [0.76–0.86], respectively). Regarding individual factors, higher compliance was observed among participants with a higher education compared to low education level (OR: 1.32, 95% CI [1.03–1.68]), among participants reporting greater wearable compliance (OR: 1.14 95% CI [1.06–1.22]) and those reporting greater EMA acceptability scores (OR: 1.20, 95% CI [1.11–1.29]). In contrast, age, sex, BMI, employment status, smartphone use habits and level of PA were not significantly associated with compliance.

Relation between EMA compliance and latency

Table 4 presents the Pearson correlations between the average compliance per participant and the average response latency across the monitoring period. The latency for both event-based and time-based questionnaires was negatively associated with EMA compliance, with correlation coefficients of -0.50 (95% CI [-0.56; -0.44]) and -0.53 (95% CI [-0.58; -0.47]), respectively.

Table 4. Relationships between average compliance and average latency per participant across the protocol (N=626).

Latency	Pearson correlation	95% confidence interval	p-value
Event-based questionnaires (N=620)	-0.50	-0.56; -0.44	< 0.05
Time-based questionnaires (N=626)	-0.53	-0.58; -0.47	< 0.05

Discussion

In the present study we examined EMA compliance during an intensive protocol including a seven-day monitoring period of concurrent time-based and event-based surveys evaluating physical behaviours in healthy adults. Our results indicate an EMA compliance rate of approximately 63.4%, for an average of 11.5 surveys per day. Among many factors, survey type, timing, operating system, education, wearable compliance and acceptability were associated with EMA compliance.

A key strength of our study lies in its use of an EMA approach that combines time-based and event-based surveys, triggered by accelerometer data, to assess compliance in a large pan-European adult population. This intensive protocol involved the use of wearable devices and up to 17 EMA questionnaires per day, potentially impacting participant compliance. Despite the demanding nature of the protocol, the mean compliance remained relatively high at 63.4%, with a stable pattern of compliance throughout the entire monitoring period. However, this compliance rate remains below the average reported in meta-analyses on EMA compliance across various health-related behaviours, which typically report rates of approximately 79% (6,26) to 82% (7). This difference may be explained by the intensive nature of our protocol, as previous research has shown that higher numbers of daily surveys are associated with lower compliance, with fewer than four prompts per day leading to better adherence (7). Regarding stability over the 7-day monitoring period, some studies have reported a marked decline in daily average compliance rates, dropping from 63% at the start to 23% by day 7 (27). However, a pooled analysis of four studies conducted among older adults has shown highly variable temporal patterns, suggesting that compliance trajectories may depend on other factors especially related to population characteristics and study design (9). Our findings concerning moderate compliance and stability of temporal patterns in this intensive protocol appear promising for the feasibility of EMA in a healthy and diverse population. We suggest that the EMA method can be deployed in the general population.

There are several interpersonal and protocol characteristics factors that significantly influenced EMA compliance. iOS-operated smartphones, event-based questionnaires, high acceptability scores, and high wearable wear time were all associated with higher EMA compliance. The smartphone platform factor highlighted a higher compliance rate for iOS models. However, it is challenging to isolate this association from technical issues related to the smartphone platform, which may prevent surveys from being properly received and questions correctly answered. Regarding acceptability, this finding aligns with previous research in a study with 411 adults, which found a positive relationship between positive participants' perceptions, as measured by the System Usability Scale (SUS), and higher level of EMA compliance (28). These results highlight the importance of considering both the study design and participants' perceptions of the protocol implementation. Efforts to optimize acceptability could focus on improving training during the lab visit to avoid technical problems during the monitoring period, particularly those related to the smartphone platform. Our findings also suggest that carefully managing the burden of the protocol, such as the number and type of surveys prompt, can help improve acceptability. Involving participants in the study design (app design, timing of surveys, etc.) through participatory methods may also be an effective way to enhance both the study's feasibility and its acceptability (29).

Regarding time-related factors, compliance was significantly lower during the afternoon and evening periods, and on weekend days compared to morning periods and weekdays, respectively. These results are in line with findings from a similar EMA study conducted in older adults, which also reported lower compliance in the evening than in the morning, with an odds ratio of 0.82 (9). Moreover, morning assessments showed higher compliance rates than random assessments conducted throughout the day, as also reported by Tonkin et al. (2023) in an EMA study focusing on smoking cessation (30). Regarding the days of the week, a study utilizing a factorial design to identify optimal study design factors for achieving high completion rates in smartphone-based EMA found that compliance was significantly higher on weekdays compared to weekends (28). These results underscore the impact of time-related factors, particularly the day of the week, on participant engagement in EMA protocols.

Our hypothesis suggest that weekday surveys may yield higher compliance rates due to factors such as routine schedules and work commitments, which might facilitate adherence. This highlights the importance of encouraging participants to respond consistently throughout the day and across the entire duration of the protocol. Lower response rates on weekend days may lead to underrepresentation of certain activities, potentially biasing the description of physical behaviours and their contexts.

Another main and promising finding of this study is the limited impact of sociodemographic factors on EMA compliance. Only a higher level of education was associated with better compliance, and this was observed solely in the fully adjusted logistic regression model including various covariables. Further investigation seems warranted to confirm this association. In contrast, no significant association was found between compliance and other factors such as age, sex, occupational status, or country of residence, suggesting that EMA may have a broad applicability across diverse adult populations. This is consistent with previous studies, which have also reported a limited impact of sociodemographic factors on EMA compliance (28,31). Nevertheless, considerable variability in compliance was observed between individuals, indicating that important explanatory variables may likely be missing. Such variability could partly reflect familial and professional constraints, as well as certain personality traits, such as a high level of conscientiousness, which may affect participants' ability to respond within the 15-minute window. Contextual issues could also have played a mediating role, as highlighted in studies incorporating qualitative interviews (32). Indeed, the timing of prompts may be inconvenient, especially if participants are required to respond while walking. The absence of an age effect, unlike what has been observed in previous research (6), might be explained by the relatively narrow age range of our study subjects, without representation of lower or higher age groups (e.g., adolescents or older adults). Finally, incentives are unlikely to have influenced compliance in this study, as France—where no incentives were provided—showed similar results to other countries where incentives were offered, and overall variability between countries was low.

Strengths and limitations

This study presents EMA compliance data from a large sample of healthy adults, in relation to various factors potentially influencing compliance. Our sample, included participants from four European countries, and combined time-based EMA with event-based EMA. Several limitations should be acknowledged. First, study participants were relatively well-educated and motivated to participate in this study which may limit the generalizability of our findings. Second, as participants were recruited through convenience sampling, they may have already had a positive attitude toward activity trackers before the intervention, which could have influenced their compliance. Third, we lack in this study a detailed analysis of reasons that may explain non-compliance. Future studies should therefore incorporate qualitative information by means of interviews or focus group discussions (33), or use short recording of people's surroundings when they did not comply with EMA (34). Fourth, information on the support given to participants during the protocol (in particular calls due to technical problems) is missing and would benefit from being recorded in order to study its relationship with the compliance. Fifth, to understand the significant variability between individuals, we lack information on life constraints, namely family and occupational factors (e.g., type of work). Finally, the interpretation of our EMA acceptability score should be made with caution, as it did not differentiate between EMA questionnaires used for assessment of physical behaviors and self-initiated questionnaires for eating behavior assessment. Indeed, the overall protocol was highly intensive. In addition, participants were instructed to self-initiate questionnaires during specific eating occasions (eating, snacking, or drinking, excluding water) and to complete three 24-hour dietary recall surveys. This may have increased the overall participant burden, potentially impacting EMA compliance.

Conclusions

In this study, we examined compliance within an intensive EMA protocol, involving a seven-day monitoring period with concurrent time-based and event-based surveys assessing physical behaviours in healthy adults. Overall compliance was fair, averaging 63.4% across approximately 11.5 surveys per

day. Compliance was significantly influenced by survey type, timing, operating system, acceptability, wearable wear time, and education level. There was limited variation across sociodemographic factors within this diverse population. This approach provided in-depth insights into the mechanisms underlying missingness of adults' EMA compliance, offering valuable guidance for future EMA studies to enhance study design and participant adherence. These findings emphasize the importance of carefully well-adapted survey designs, adapting the daily burden and technical issues, and implementing targeted engagement strategies to optimize compliance in EMA research, particularly within intensive monitoring protocols.

Declarations

Ethics approval and consent to participate

Ethics committee approval was granted in each of the four study centres prior to the start of the study commencement. In the University of Limerick, Ethics committee approval was granted by the Education and Health Sciences Faculty Research Ethics Committee; approval no 22_09_10_EHS_; in Bremen approval was granted by the Ethics Committee of the University of Bremen, approval no 2022-25; in the Czech Republic approval was granted by the Committee for Research Ethics at the University of Hradec Kralove no 11/2022); and in France by Comité de Protection des Personnes CPP Ile-de-France VI approval no 2022-A02208-35). All participants provided written informed consent prior to participation.

Consent for publication

Not applicable.

Availability of data and materials

The dataset for this study is not accessible.

Competing interests

Author SC is member of the Editorial Board of International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity. She is not involved in the journal's peer review process of, or decisions related to, this manuscript.

Funding

The WEALTH project (<https://wealth-stamify.com>) funded by the Joint Programming Initiative a Healthy Diet for a Healthy Life (JPI HDHL) a research and innovation initiative of EU member states and associated countries under grant agreement No 727565, under STAMIFY (Standardised measurement, monitoring and/or biomarkers to study food intake, physical activity, and health). The funding agencies supporting this work are (in alphabetical order of participating countries): Belgium: Research Foundation – Flanders (FWO); Czechia: Ministry of Education, Youth and Sports; France: French National Research Agency (ANR); Germany: Federal Ministry of Education and Research (BMBF); Ireland: Health Research Board (HRB).

Authors' contributions

Each of the authors have participated at all stages of this article and concur with the content in the final manuscript. The lead author Jérôme Bouchan has undertaken and completed all aspects of the research and writing process thus takes full responsibility for the paper.

Acknowledgements

The authors would like to acknowledge all researchers and students involved in the WEALTH project. We are grateful for the participation of the volunteers in Czechia, France, Germany, and Ireland in this examination. The WEALTH consortium members and affiliations: Alan Donnelly, Catherine Woods, Luis Sigcha, Gráinne Hayes, Pepijn Van de Ven, Daniels Stahovskis (University of Limerick, Ireland), Janas Harrington (School of Public Health, University College Cork, Ireland), Antje Hebestreit, Christoph Buck, Maike Wolters, Annika Swenne, Chandra Gowsiga Loganathan (Leibniz Institute for Prevention Research and Epidemiology—BIPS, Bremen, Germany), Jean-Michel Oppert, Leopold K. Fezeu, Jérôme Bouchan, Fabienne Delestre, Junko Kose (Sorbonne Paris Nord University, France), Hélène Charreire (Inrae, France), Greet Cardon (Department of Movement and Sports Sciences, Ghent University, Belgium), Tomas Vetrovsky, Richard Cimler, Jitka Kuhnova, Alena Faltysova (Faculty of Science, University of Hradec Kralove, Czechia), Steriani Elavsky, Veronika Horká, Michal Sebera (Department of Human Movement Studies, University of Ostrava, Czechia), Michael Janek, Dan Omcirk (Faculty of Physical Education and Sport, Charles University, Prague, Czechia).

References

1. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med.* déc 2020;54(24):1451-62.
2. Strain T, Flaxman S, Guthold R, Semanova E, Cowan M, Riley LM, et al. National, regional, and global trends in insufficient physical activity among adults from 2000 to 2022: a pooled analysis of 507 population-based surveys with 5.7 million participants. *The Lancet Global Health* [Internet]. juin 2024 [cité 3 juill 2024]; Disponible sur: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214109X24001505>
3. Strath SJ, Kaminsky LA, Ainsworth BE, Ekelund U, Freedson PS, Gary RA, et al. Guide to the Assessment of Physical Activity: Clinical and Research Applications: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation.* 12 nov 2013;128(20):2259-79.
4. Shiffman S, Stone AA, Hufford MR. Ecological Momentary Assessment. *Annu Rev Clin Psychol.* 1 avr 2008;4(1):1-32.
5. Dunton GF. Ecological Momentary Assessment in Physical Activity Research. *Exercise and Sport Sciences Reviews.* janv 2017;45(1):48-54.
6. Wrzus C, Neubauer AB. Ecological Momentary Assessment: A Meta-Analysis on Designs, Samples, and Compliance Across Research Fields. *Assessment.* avr 2023;30(3):825-46.
7. Williams MT, Lewthwaite H, Fraysse F, Gajewska A, Ignatavicius J, Ferrar K. Compliance With Mobile Ecological Momentary Assessment of Self-Reported Health-Related Behaviors and Psychological Constructs in Adults: Systematic Review and Meta-analysis. *J Med Internet Res.* 3 mars 2021;23(3):e17023.
8. Maher JP, Rebar AL, Dunton GF. Ecological Momentary Assessment Is a Feasible and Valid Methodological Tool to Measure Older Adults' Physical Activity and Sedentary Behavior. *Front Psychol.* 15 août 2018;9:1485.
9. Compennolle S, Vetrovsky T, Maes I, Delobelle J, Lebuf E, De Vylder F, et al. Older adults' compliance with mobile ecological momentary assessments in behavioral nutrition and physical activity research: pooled results of four intensive longitudinal studies and recommendations for future research. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 26 août 2024;21(1):92.
10. Wang S, Yang CH, Brown D, Cheng A, Kwan MYW. Participant Compliance With Ecological Momentary Assessment in Movement Behavior Research Among Adolescents and Emerging Adults: Systematic Review. *JMIR Mhealth Uhealth.* 11 févr 2025;13:e52887.
11. Hufford MR. Special Methodological Challenges and Opportunities in Ecological Momentary Assessment. In: Stone AA, Shiffman S, Atienza AA, Nebeling L, éditeurs. *The Science of Real-*

- Time Data Capture [Internet]. Oxford University Press New York, NY; 2007 [cité 7 févr 2025]. p. 54-75. Disponible sur: <https://academic.oup.com/book/51030/chapter/422427289>
12. Murray AL, Brown R, Zhu X, Speyer LG, Yang Y, Xiao Z, et al. Prompt-level predictors of compliance in an ecological momentary assessment study of young adults' mental health. *Journal of Affective Disorders*. févr 2023;322:125-31.
13. Ottenstein C, Werner L. Compliance in Ambulatory Assessment Studies: Investigating Study and Sample Characteristics as Predictors. *Assessment*. déc 2022;29(8):1765-76.
14. Wen CKF, Schneider S, Stone AA, Spruijt-Metz D. Compliance With Mobile Ecological Momentary Assessment Protocols in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Med Internet Res*. 26 avr 2017;19(4):e132.
15. Jones A, Remmerswaal D, Verveer I, Robinson E, Franken IHA, Wen CKF, et al. Compliance with ecological momentary assessment protocols in substance users: a meta-analysis. *Addiction*. avr 2019;114(4):609-19.
16. Reichert M, Giurgiu M, Koch ED, Wieland LM, Lautenbach S, Neubauer AB, et al. Ambulatory assessment for physical activity research: State of the science, best practices and future directions. *Psychology of Sport and Exercise*. sept 2020;50:101742.
17. Janek M, Kuhnova J, Cardon G, Van Dyck D, Cimler R, Elavsky S, et al. Ecological momentary assessment of physical and eating behaviours: The WEALTH feasibility and optimisation study with recommendations for large-scale data collection. Shevchenko Y, éditeur. *PLoS ONE*. 11 févr 2025;20(2):e0318772.
18. Liao Y, Skelton K, Dunton G, Bruening M. A Systematic Review of Methods and Procedures Used in Ecological Momentary Assessments of Diet and Physical Activity Research in Youth: An Adapted STROBE Checklist for Reporting EMA Studies (CREMAS). *J Med Internet Res*. 21 juin 2016;18(6):e151.
19. Delobelle J, Lebuf E, Dyck DV, Compernelle S, Janek M, Backere FD, et al. Fitbit's accuracy to measure short bouts of stepping and sedentary behaviour: validation, sensitivity and specificity study. *DIGITAL HEALTH*. janv 2024;10:20552076241262710.
20. Unesco. International standard classification of education (ISCED) 2011. UNESCO; 2012. 88 p.
21. Ware JE, Sherbourne CD. The MOS 36-Item Short-Form Health Survey (SF-36): I. Conceptual Framework and Item Selection. *Medical Care*. juin 1992;30(6):473-83.
22. Ware JE, Kosinski M, Institute NEMCHH, Keller SD. SF-36 Physical and Mental Health Summary Scales: A User's Manual [Internet]. Health Institute, New England Medical Center; 1994. Disponible sur: <https://books.google.fr/books?id=UQDKDAEACAAJ>

- 494 23. Hildebrand M, Van Hees VT, Hansen BH, Ekelund U. Age Group Comparability of Raw
495 Accelerometer Output from Wrist- and Hip-Worn Monitors. *Medicine & Science in Sports &*
496 *Exercise*. sept 2014;46(9):1816-24.
- 497 24. World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic. World
498 Health Organization technical report series. 2000;894:1-253.
- 499 25. Buuren S van, Groothuis-Oudshoorn K. mice : Multivariate Imputation by Chained Equations
500 in R. *J Stat Soft* [Internet]. 2011 [cité 27 janv 2025];45(3). Disponible sur:
501 <http://www.jstatsoft.org/v45/i03/>
- 502 26. Moore RC, Swendsen J, Depp CA. Applications for self-administered mobile cognitive
503 assessments in clinical research: A systematic review. *Int J Methods Psych Res*. déc
504 2017;26(4):e1562.
- 505 27. Spook JE, Paulussen T, Kok G, Van Empelen P. Monitoring Dietary Intake and Physical Activity
506 Electronically: Feasibility, Usability, and Ecological Validity of a Mobile-Based Ecological
507 Momentary Assessment Tool. *J Med Internet Res*. 24 sept 2013;15(9):e214.
- 508 28. Businelle MS, Hébert ET, Shi D, Benson L, Kezbers KM, Tonkin S, et al. Investigating Best
509 Practices for Ecological Momentary Assessment: Nationwide Factorial Experiment. *J Med*
510 *Internet Res*. 12 août 2024;26:e50275.
- 511 29. Agnello DM, Anand-Kumar V, An Q, De Boer J, Delfmann LR, Longworth GR, et al. Co-creation
512 methods for public health research — characteristics, benefits, and challenges: a Health
513 CASCADE scoping review. *BMC Med Res Methodol*. 6 mars 2025;25(1):60.
- 514 30. Tonkin S, Gass J, Wray J, Maguin E, Mahoney M, Colder C, et al. Evaluating Declines in
515 Compliance With Ecological Momentary Assessment in Longitudinal Health Behavior Research:
516 Analyses From a Clinical Trial. *J Med Internet Res*. 22 juin 2023;25:e43826.
- 517 31. Dunton GF, Liao Y, Kawabata K, Intille S. Momentary Assessment of Adults' Physical Activity
518 and Sedentary Behavior: Feasibility and Validity. *Front Psychology*. 2012;3.
- 519 32. Delobelle J, Lebuf E, Compennolle S, Vetrovsky T, Van Cauwenberg J, Cimler R, et al. Sensor-
520 triggered ecological momentary assessment in physical activity and sedentary behaviour
521 research among Belgian community-dwelling elderly: lessons learnt from intensive
522 longitudinal studies. *BMJ Open*. avr 2025;15(4):e096327.
- 523 33. Ziesemer K, König LM, Boushey CJ, Villinger K, Wahl DR, Butscher S, et al. Occurrence of and
524 Reasons for "Missing Events" in Mobile Dietary Assessments: Results From Three Event-Based
525 Ecological Momentary Assessment Studies. *JMIR Mhealth Uhealth*. 14 oct 2020;8(10):e15430.
- 526 34. Sun J, Rhemtulla M, Vazire S. Eavesdropping on Missing Data: What Are University Students
527 Doing When They Miss Experience Sampling Reports? *Pers Soc Psychol Bull*. nov
528 2021;47(11):1535-49.

4. Discussion du chapitre

L'étude avait pour objectif de mieux comprendre la compliance des participants à la méthode de l'EMA pour compléter de manière objective les résultats sur l'acceptabilité décrite dans le chapitre précédent. Malgré le protocole intensif comprenant en moyenne 11,5 questionnaires déclenchés par jour et par participant, la compliance moyenne est satisfaisante à 63 %. Les résultats permettent d'identifier différents facteurs influençant la compliance à l'EMA, comme le type de questionnaire EMA, l'acceptabilité perçue du participant ou le moment de déclenchement du questionnaire. Ces facteurs peuvent aider à la conceptualisation de futures études utilisant l'EMA dans une population d'adultes en bonne santé ou indemnes de pathologie chronique. Un facteur important mis en avant par nos résultats est le rôle clé que peut jouer l'acceptabilité dans le niveau de réponse aux questionnaires EMA, mettant en avant la relation entre une perception positive de la méthode (acceptabilité) et un taux de remplissage accru (compliance/adhérence). En lien avec notre première étude, s'intéresser à l'acceptabilité perçue par les participants lors du protocole est donc un élément important à prendre en compte pour maximiser l'adhérence à la méthode de l'EMA.

La relation entre la compliance et les différents facteurs explicatifs permet également de mettre en avant d'autres facteurs qui pourraient influencer l'importance des données manquantes liées aux questionnaires EMA, même s'il n'est pas possible de se prononcer sur la causalité de la relation. Ainsi, les facteurs qui influencent la compliance à l'EMA, influencent également les données manquantes issues des questionnaires non remplis. Il est alors important que ces facteurs ne soient pas en lien avec le comportement étudié, pour ne pas être présentés comme des données manquantes complètement non aléatoires (Ottenstein & Werner, 2022; Compernelle et al., 2024). Nos résultats mettent en évidence que la compliance à l'EMA chez des adultes en bonne santé n'est pas significativement associée au niveau d'AP. Ceci suggère que la méthode de l'EMA apparaît réalisable dans des populations adultes avec des caractéristiques variées, en ayant cependant conscience des autres facteurs qui pourraient impacter l'existence des données manquantes non aléatoires.

Après avoir évalué la faisabilité de la méthode EMA combinée à des accéléromètres dans une population adulte, nous allons étudier l'exploitation de cette nouvelle méthode de collecte de données par rapport à la compréhension du CP.

Chapitre 3 Contexte physique, social et psychologique du comportement physique

1. Introduction

Le CP est déterminé à la fois par des facteurs individuels (y compris des facteurs psychologiques) et par des facteurs externes comme des influences environnementales (Bauman et al., 2012). Ces facteurs environnementaux peuvent inclure le lieu de réalisation du CP et l'entourage social lors de la réalisation du CP. Le contexte dans lequel s'inscrit le CP a surtout été évalué globalement dans la vie de tous les jours, principalement au moyen de questionnaires sur les conditions de vie habituelle se rapportant à la semaine ou au mois précédent (Anaya et al., 2024). Peu d'études ont exploré en détail l'impact du contexte (physique et social) sur les CP, en vue de saisir leur dynamique temporelle dans des conditions de vie libre. Il semble important de mieux comprendre l'interaction entre les CP et leur contexte en situation de vie courante. Ces connaissances permettront de concevoir des interventions innovantes et ciblées tenant compte du contexte dans lequel s'inscrit chaque CP (Dunton, 2017).

L'évaluation écologique momentanée (EMA) offre une occasion unique de collecter des données détaillées et contextuelles sur les CP. L'EMA (basée sur des téléphones mobiles) et les accéléromètres peuvent être combinés pour offrir une approche innovante permettant d'évaluer les contextes de l'AP et des CS quotidiens (Liao et al., 2015). L'intégration de ces données facilite l'identification des contextes associés aux comportements d'AP et du CS. Bien que de nombreuses études aient examiné l'impact des facteurs contextuels sur le CP des enfants (Dunton et al., 2011), des adolescents (Kracht et al., 2021) et des adultes plus âgés (Delobelle et al., 2025), il existe un manque notable de recherches portant sur les adultes d'âge moyen.

L'objectif de cette étude est 1) de décrire les contextes physiques, sociaux et psychologiques de l'AP et du CS chez les adultes ; et 2) d'analyser leur relation avec les niveaux d'AP et de CS. Nos

hypothèses de départ sont que les contextes en extérieur et en compagnie seront davantage rapportés pour des épisodes d'AP, et que les contextes physiques (extérieur), sociaux (être à plusieurs) et psychologiques (être de bonne humeur) seront associés à des niveaux d'AP plus élevés.

2. Tableaux de résultats

Les analyses ont été réalisées sur 13 380 questionnaires EMA événementiels remplis pendant les sept jours de collecte de données (jour 1 à 7). Le détail des questionnaires événementiels est présenté dans le Tableau 6.

Tableau 6 - Description des questionnaires EMA basés sur les événements, déclenchés par la montre Fitbit®.

	Questionnaire événementiel sur la sédentarité	Questionnaire événementiel sur l'AP d'intensité faible	Questionnaire événementiel sur l'AP d'intensité modérée	Ensemble des questionnaires événementiels
	<i>N (%) ou Moyenne (SD)</i>	<i>N (%) ou Moyenne (SD)</i>	<i>N (%) ou Moyenne (SD)</i>	<i>N (%) ou Moyenne (SD)</i>
Nombres de questionnaires remplis	7 065 (52,8)	6 092 (45,5)	223 (1,7)	13 380 (100)
Moyenne des questionnaires remplis par participant durant le protocole de 7 jours	11,6 (5,9)	10,0 (4,7)	1,7 (1,2)	21,7 (9,6)
Moyenne des questionnaires remplis par participant et par jour	2,1 (1,0)	1,9 (0,8)	1,0 (0,2)	3,5 (1,7)
Compliance à l'EMA par participant (%)	65,9 (24,0)	67,7 (24,4)	60,2 (43,3)	66,7 (21,6)
Moment du questionnaire au cours de la semaine				
Jour de semaine	5 319 (75,3)	4 580 (75,2)	142 (63,7)	10 041 (75,0)
Jour de week-end	1 746 (24,7)	1 512 (24,8)	81 (36,3)	3 339 (25,0)
Moment du questionnaire durant la journée				
Matin	3 161 (44,7)	2 807 (46,1)	95 (42,6)	6 063 (45,3)
Après-midi	3 633 (51,4)	2 459 (40,4)	104 (46,6)	6 196 (46,3)
Soir	269 (3,8)	515 (8,5)	16 (7,2)	800 (6,0)
Nuit	2 (0,0)	311 (5,1)	8 (3,6)	321 (2,4)
Délai de réponse (en secondes) – Médiane (IQR)	37,3 (176,5)	63,6 (260,8)	64,6 (168,5)	47,4 (215,9)

N : effectifs. SD : écart-type. IQR : intervalle interquartile.

Alors que les questionnaires événementiels pour le CS et l'AP d'intensité faible étaient environ de 12 et 10 par participant au cours du protocole, les questionnaires événementiels pour l'AP d'intensité modérée étaient en moyenne de 1,7 par participant. Pour les épisodes du CS et d'AP d'intensité faible, le pourcentage de questionnaires déclenchés en semaine et en week-end étaient similaires, approximativement à 75,0 % et 25,0 %, respectivement. Pour les épisodes d'AP d'intensité modérée, il y avait 36,3 % des questionnaires EMA événementiel remplis le week-end.

Les résultats de la description du contexte physique et social sont présentés dans le Tableau 7. La majorité du contexte physique des épisodes de sédentarité est représenté par un lieu en intérieur (93,7 %), alors que la répartition intérieur et extérieur est moins asymétrique pour les épisodes d'AP. Pour l'AP d'intensité faible, 57,3 % des épisodes ont lieu en intérieur contre seulement 35,0 % pour les épisodes d'AP d'intensité modérée. La modalité à l'intérieur chez soi est le contexte le plus rapporté pour les épisodes de sédentarité (52,2 %) suivi de la modalité au travail/à l'école (27,2 %). Le lieu extérieur d'un espace vert est présent pour 22,0 % des épisodes d'AP d'intensité modérée, alors qu'il n'est que de 6,2 % pour les épisodes d'AP d'intensité faible. Pour le contexte social, 44,4 % des épisodes d'AP d'intensité faible, et 60,5 % des épisodes d'AP d'intensité modérée se réalisent en solitaire.

Tableau 7 - Description du contexte physique et social pendant les épisodes de sédentarité et d'activité physique (N=13 380 questionnaires).

	Sédentarité (N=611 participants)	Activité physique d'intensité faible (N=612 participants)	Activité physique d'intensité modérée (N=129 participants)
	N (%)	N (%)	N (%)
Contexte physique			
Intérieur	6619 (93,7)	3489 (57,3)	78 (35,0)
Extérieur	389 (5,5)	2530 (41,5)	143 (64,1)
NA	57 (0,8)	73 (1,2)	2 (0,9)
A la maison	3689 (52,2)	1074 (17,6)	43 (19,3)
Au travail / à l'Ecole	1924 (27,2)	978 (16,1)	5 (2,2)
Dans un espace vert	116 (1,6)	375 (6,2)	49 (22,0)
En mouvement / dans la rue	208 (2,9)	1715 (28,2)	47 (21,1)
Autres intérieurs	997 (14,1)	1431 (23,5)	30 (13,5)
Autres extérieurs	63 (0,9)	436 (7,2)	47 (21,1)
NA	68 (1,0)	83 (1,4)	2 (0,9)

Contexte social			
Seul	3691 (52,2)	2702 (44,4)	135 (60,5)
Pas seul	3299 (46,7)	3301 (54,2)	85 (38,1)
NA	75 (1,1)	89 (1,5)	3 (1,3)
Seul	3691 (52,2)	2702 (44,4)	135 (60,5)
En famille/enfants	1379 (19,5)	1078 (17,7)	26 (11,7)
Entre amis, collègues, camarades	1409 (19,9)	1167 (19,2)	29 (13,0)
Catégories multiples	237 (3,4)	346 (5,7)	8 (3,6)
Etrangers, foule, groupe organisé, autre	274 (3,9)	710 (11,7)	22 (9,9)
NA	75 (1,1)	89 (1,5)	3 (1,3)

N : effectifs ; NA : données manquantes.

La description du contexte psychologique comprenant les trois dimensions de l'humeur et la fatigue est présentée dans le Tableau 8. Les scores de l'humeur pour la sédentarité ne sont pas disponibles puisque les questions n'étaient pas incluses dans les questionnaires EMA événementiels de sédentarité. Les scores de l'humeur pour l'AP (toutes intensités confondues) sont compris entre 71,5 et 79,0 sur l'échelle de mesure allant de 0 à 100. Les médianes des scores de fatigue sont respectivement de 31, 34 et 30 pour les épisodes de sédentarité, d'AP d'intensité faible et d'AP d'intensité modérée.

Tableau 8 - Description du contexte psychologique pendant les épisodes de sédentarité et d'activité physique (N=13 380 questionnaires).

	Sédentarité (N=611 participants)	Activité physique d'intensité faible (N=612 participants)	Activité physique d'intensité modérée (N=129 participants)
	Médiane (IQR)	Médiane (IQR)	Médiane (IQR)
Contexte psychologique			
Humeur			
Valence (N=2857)	-	79,0 (21,5)	78,9 (21)
Sérénité (N=2851)	-	73,5 (26,5)	75,0 (26)
Eveil énergétique (N=2859)	-	71,5 (28)	76,5 (26,8)
Fatigue (N=13 244)	31 (31)	34 (32)	30 (29)

N : effectifs. IQR : intervalle interquartile. Scores compris entre 0 et 100.

Les résultats des analyses multiniveaux entre le contexte et le niveau global d'AP et de CS sont présentés dans le Tableau 9. Les résultats du modèle ajusté montrent que les participants ayant un niveau de sédentarité plus élevé (par tranches de 30 minutes) sont susceptibles d'avoir moins d'épisodes de sédentarité en extérieur (OR : 0,94 [0,90-0,99]). Pour les épisodes d'AP, un niveau plus élevé d'AP d'intensité modérée à élevée est associé à une probabilité plus forte de réaliser des épisodes d'AP en extérieur par rapport à l'intérieur (OR : 1,26 [1,15-1,37]). La Figure 12 illustre la relation entre le niveau d'AP (en minutes par jour) et le contexte physique lors des épisodes d'AP. Aucune association significative entre les niveaux d'AP et de CS, et les variables décrivant le contexte social et psychologique n'a été trouvée.

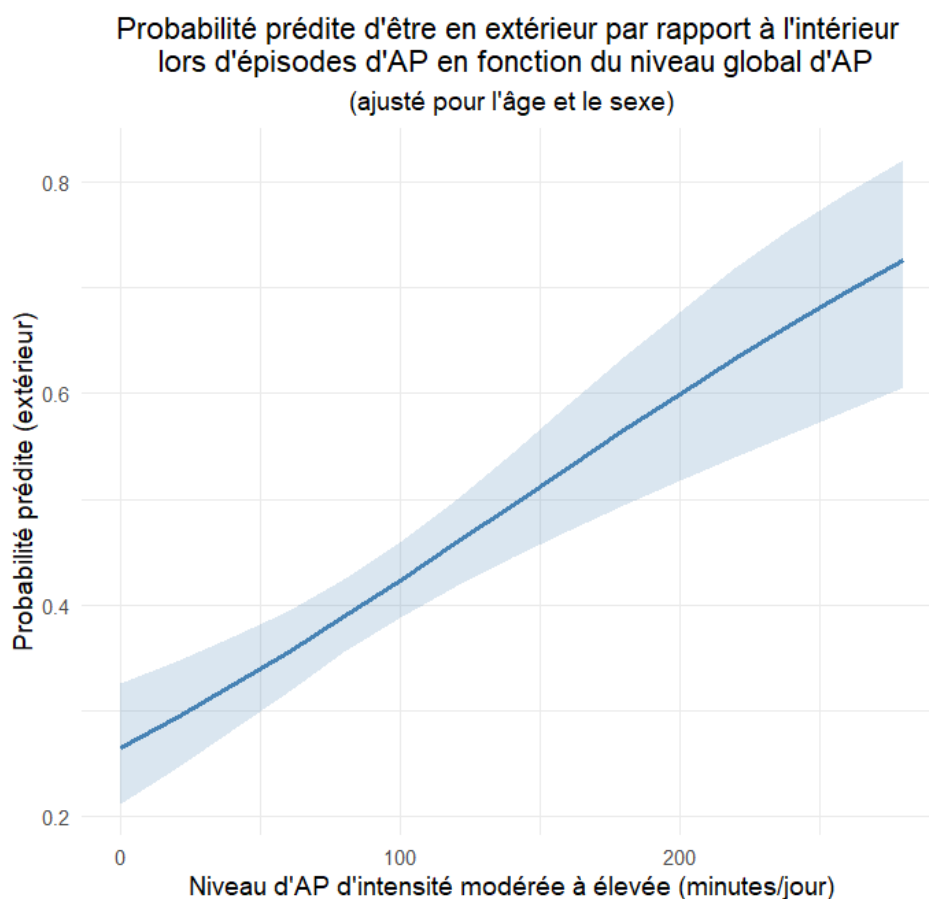


Figure 12 - Relation entre la probabilité d'être en extérieur pendant des épisodes d'AP et le niveau global d'AP.

Tableau 9 - Modèles mixtes présentant les relations entre le contexte physique, social, psychologique et les niveaux d'AP et de CS.

	Sédentarité (périodes de 30 minutes/jour)			Activité physique (périodes de 30 minutes/jour)		
	Modèle simple	Modèle ajusté sur l'âge et le sexe	Modèle avec ajustement complet	Modèle simple	Modèle ajusté sur l'âge et le sexe	Modèle avec ajustement complet
	OR [IC95%]	OR [IC95%]	OR [IC95%]	OR [IC95%]	OR [IC95%]	OR [IC95%]
Contexte physique						
(ref: intérieur)						
Extérieur	0,94* [0,89-0,99]	0,95* [0,90-0,998]	0,94* [0,90-0,99]	1,24* [1,14-1,35]	1,24* [1,14-1,35]	1,26* [1,15-1,37]
Contexte social						
(ref: seul)						
Pas seul	0,96* [0,92-0,99]	0,97 [0,93-1,00]	0,97 [0,93-1,01]	0,99 [0,91-1,08]	1,26 [0,82-1,93]	0,99 [0,90-1,08]
Contexte psychologique						
Humeur						
Valence	-	-	-	2,03 [0,69-5,97]	1,90 [0,66-5,46]	2,47 [0,82-7,38]
Sérénité	-	-	-	1,30 [0,37-4,54]	1,27 [0,38-4,27]	2,12 [0,61-7,37]
Eveil énergétique	-	-	-	2,25 [0,69-7,38]	2,07 [0,66-6,48]	3,14 [0,96-10,30]
Fatigue	1,09 [0,74-1,59]	1,10 [0,76-1,60]	1,04 [0,70-1,54]	0,51 [0,16-1,59]	0,57 [0,19-1,71]	0,63 [0,20-1,97]
Sous-échantillon des participants en cursus scolaire ou employé (N = 549)						
Contexte domaines						
(ref : autre domaines)						
Domaine travail/Ecole	1,02 [0,95-1,10]	-	1,03 [0,95-1,11]	0,997 [0,88-1,13]	0,998 [0,88-1,13]	0,98 [0,86-1,11]

Ref : référence. OR : Odds-ratio. IC95% : Intervalle de confiance à 95%. * P-value < 0.05. - : modélisation impossible par manque de données ou de convergence. Ajustement complet sur l'âge, le sexe, le niveau d'éducation, le statut professionnel et l'indice de masse corporelle. Les interactions avec le niveau global de compliance ont été testées pour tous les modèles, et avec la composante mentale de la qualité de vie pour les modèles sur le contexte psychologique (aucune interaction significative).

3. Discussion du chapitre

Notre étude avait pour objectif de décrire, à partir des données d'EMA recueillies dans le cadre du projet WEALTH, le contexte physique, social et psychologique des épisodes de sédentarité et d'AP chez des adultes européens, et d'analyser leur association avec le niveau global du CS et de l'AP. Les résultats mettent en avant que les adultes rapportent leurs épisodes de sédentarité comme étant réalisés principalement en intérieur et seuls, avec seulement un quart des épisodes réalisés dans un contexte professionnel. Pour l'AP, les épisodes d'intensité faible sont davantage réalisés en intérieur et en compagnie d'autrui, et les épisodes d'intensité modérée en extérieur et seul. Nos hypothèses de départ sont donc vérifiées pour le contexte physique mais pas pour le contexte social, puisque le fait d'être seul est autant présent pour des épisodes d'AP et de CS. Par rapport au contexte physique en intérieur pour les épisodes d'AP, les résultats diffèrent de ceux d'une étude similaire sur 114 adultes américains, qui rapportait qu'un contexte en intérieur était représenté la moitié du temps par la maison, alors que cette modalité ne revient que faiblement dans notre échantillon (17 %) (Liao et al., 2015). Pour l'AP d'intensité modérée, la présence d'un contexte physique en extérieur est prédominante, avec presque un quart des activités réalisées dans un espace vert. Ce résultat confirme l'association trouvée dans l'étude précédemment citée, suggérant que l'AP d'intensité modérée à élevée était associée à des espaces plus végétalisés (Liao et al., 2015). Par ailleurs, la part importante des AP réalisées en extérieur, similaire à une étude sur 116 adultes où les questionnaires EMA étaient déclenchés aléatoirement (Dunton et al., 2015), confirme cette tendance dans notre protocole où les questionnaires sont déclenchés en fonction du comportement. Par rapport aux relations entre le contexte et le niveau d'AP et du CS, nos résultats mettent en évidence une association entre le niveau global d'AP et un contexte en extérieur lors des épisodes d'AP. Bien que le contexte en extérieur ne soit pas décrit plus précisément, comme dans les études sur l'environnement perçu (Ding et al., 2011), les AP réalisées en extérieur de manière globale s'associent à des comportements plus favorables à la santé. Les hypothèses sous-jacentes pointent le plaisir de la pratique liée aux espaces verts, ou la facilité d'accès dans des endroits souvent publics afin de diminuer les contraintes temporelles et

financières (Roberts et al., 2018). Une autre hypothèse pourrait être la compagnie d'un animal comme levier pour réaliser une AP en extérieur, mais la compagnie d'un chien ne semble pas accroître le fait d'être actif dans une étude d'EMA (Liao et al., 2017), et cela malgré un affect positif associé. De manière globale, ce résultat suggère que l'appropriation des espaces extérieurs peut être un levier pour favoriser des comportements plus actifs, suggérant à la fois la promotion des espaces verts comme des espaces favorisant les transports actifs et les activités récréatives ou sportives.

Par rapport au contexte social nos résultats mettent en avant l'absence d'association entre le niveau du CP et l'entourage social. Ce résultat peut sembler contradictoire à la littérature des études EMA puisqu'une étude sur 313 adultes âgés américains avait démontré que diverses relations sociales étaient positivement associées à l'AP et négativement associées au temps passé en CS, à partir d'une mesure objective par accéléromètre Actical (Fingerman et al., 2020). Le contexte social peut sembler différent en fonction des cultures, mais ces résultats contradictoires mettent aussi en évidence la question des données manquantes dans certains contextes. La présence d'autrui peut en effet être un frein au remplissage des questionnaires, et donc limiter les relations entre un contexte social à plusieurs et le CP.

Lors des analyses des Chapitre 1 et 2, la compliance s'est révélée jouer un rôle important dans la qualité des données collectées pendant un protocole EMA. Dans nos analyses, nous avons testé l'impact de cette compliance pour voir si elle pouvait impacter les relations. Il s'avère qu'il n'y avait aucune influence du niveau global de compliance, qui ne semble pas être un facteur de confusion dans nos analyses. Ces résultats suggèrent que la qualité des données collectées dans ce protocole n'interfère pas dans les analyses entre le contexte et le CP.

Ce chapitre fait l'objet d'un article en préparation pour valoriser les résultats décrivant les contextes physique, social et psychologique du CP chez des adultes.

Discussion générale

Les résultats présentés précédemment ont été discutés dans les publications liées à ce travail de doctorat. L'objectif de cette discussion générale n'est donc pas de reprendre l'ensemble des points soulevés mais de mettre en avant les résultats les plus intéressants.

1. Synthèse des résultats

Le premier objectif de ce travail de thèse visait à analyser la faisabilité et l'acceptabilité d'un protocole intensif d'évaluation ambulatoire combinant une mesure d'EMA par application smartphone et le port de quatre accéléromètres pendant sept jours de vie quotidienne. A la suite de l'étude de la faisabilité de cette méthode innovante, le deuxième objectif avait pour but d'analyser le contexte du CP pour mieux comprendre sa relation avec le niveau d'AP et le niveau du CS.

Les analyses sur l'acceptabilité de ce protocole intensif sur 7 jours de vie quotidienne mettent en évidence une acceptabilité satisfaisante à la fois pour les accéléromètres et la méthode de l'EMA. Un des résultats principaux est que les scores élevés de charge quotidienne sont associés à un temps de port plus faible des appareils accélérométriques et à un taux de remplissage moins élevé des questionnaires EMA. Le schéma expérimental du protocole est donc un élément clé pour ajuster la charge du protocole et favoriser une perception positive par le participant. Ce point est d'autant plus important que la compliance à l'EMA et l'acceptabilité à l'EMA sont deux notions associées, qui semblent s'influencer mutuellement. Par ailleurs, la compliance de l'EMA a été influencée par le type de questionnaires (basé sur le temps ou sur les événements), le moment du déclenchement de l'EMA (au cours de la journée et de la semaine), le système d'exploitation du téléphone portable, le niveau d'éducation, et l'adhésion aux accéléromètres. Ces résultats soulignent la nécessité de concevoir des protocoles et des stratégies d'engagement du participant bien adaptées afin d'améliorer la compliance dans le cadre des recherches utilisant l'EMA. Les facteurs mis en avant peuvent aider les chercheurs à optimiser le taux de réponse aux questionnaires EMA, et ainsi s'assurer de la fiabilité des données collectées.

Un autre résultat significatif a été l'absence de relation entre l'adhérence aux questionnaires EMA et le niveau d'AP mesuré par accélérométrie, suggérant qu'une plus faible adhérence et donc un taux de données manquantes plus important n'est pas associé au comportement étudié. Globalement, l'acceptabilité et l'adhérence du protocole d'évaluation ambulatoire n'ont pas été associées à des facteurs sociodémographiques, et ont enregistré une faible variabilité entre les pays, suggérant une utilisation adaptée à une population diversifiée en termes d'âge, de sexe, de niveau d'éducation et de niveau d'AP.

Pour finir, l'analyse des différents contextes des questionnaires EMA événementiels a mis en évidence des contextes physiques et sociaux différents entre les épisodes de sédentarité, d'AP d'intensité faible et d'AP d'intensité modérée. Les épisodes de sédentarité étaient majoritairement réalisés en intérieur, alors que les épisodes d'AP étaient réalisés en extérieur, surtout pour les épisodes à intensité modérée. Pour le contexte social, les épisodes d'AP d'intensité modérée étaient majoritairement réalisés seuls, tandis que la proportion seul/à plusieurs était plus équilibrée pour les contextes de sédentarité et d'AP d'intensité faible. Par rapport aux relations entre le contexte et le niveau des comportements, nos résultats mettent en évidence une association entre le niveau global d'AP et un contexte en extérieur lors des épisodes d'AP. De manière globale, ce résultat suggère que l'appropriation des espaces extérieurs peut être un levier pour favoriser des comportements plus actifs au sein de la population générale, en favorisant par exemple des actions pour les transports actifs et les activités récréatives ou sportives.

2. Forces et limites des travaux de la thèse

a. Population d'étude

Notre étude est l'une des premières à s'intéresser à une population d'adultes dans le cadre d'une évaluation ambulatoire du CP en combinant des appareils accélérométriques et un dispositif EMA. En effet, l'échantillon représente une population d'adultes en bonne santé, sans pathologie chronique, sans limitation de la mobilité et avec des participants aux profils diversifiés en termes de

sexe, d'âge, de niveau d'éducation, du statut professionnel ou de niveau habituel d'AP. La population d'étude s'appuie également sur une diversité culturelle puisqu'elle incorpore des participants de quatre pays européens : l'Allemagne, l'Irlande, la République Tchèque et la France. Cependant, la population d'étude n'est pas représentative de la population de chacun des pays participants, en termes d'âge, de sexe ou de catégorie socio-professionnelle. Il s'agit en effet d'un échantillon de commodité avec des participants volontaires recrutés par des méthodes variant d'un pays à l'autre. Par exemple, l'échantillon semble surreprésenté par des personnes avec un niveau élevé d'éducation puisque 45 % des participants ont un niveau d'éducation supérieur au baccalauréat. De même, l'échantillon compte 56 % de femmes alors que la moyenne des pays européens est aux alentours de 51 % (Raynaud et al., 2022). La relation positive des participants aux comportements étudiés ou aux méthodes utilisées (notamment les montres connectées) peut donc être plus élevée que dans la population générale. En termes de perspectives, il serait intéressant de favoriser un recrutement prenant en compte davantage de critères de stratification (par exemple, niveau d'éducation, habitudes à utiliser des montres connectées), et par ailleurs de favoriser un recrutement pouvant permettre d'inclure des profils plus variés et présents en population générale. Un appui sur les réseaux sociaux semble être un axe prometteur pour favoriser un meilleur recrutement (Pathak et al., 2025), bien qu'il ne puisse suffire pour l'ensemble des profils de la population, comme ceux n'ayant pas d'accès à ces réseaux.

Une autre limite en lien avec la population d'étude est le manque d'information sur le type d'emploi des participants. En effet, une des raisons d'un taux de remplissage plus faible des questionnaires EMA pourrait être lié aux contraintes professionnelles, empêchant le participant de répondre dans une fenêtre de 15 minutes. Un indicateur de contrainte familiale (par exemple le nombre d'enfants) aurait également pu compléter les informations sur les raisons d'une plus faible adhérence à la méthode de l'EMA.

b. Protocole

Le principal inconvénient de notre protocole est son caractère intensif, puisqu'il demande aux participants de manipuler différents appareils accélérométriques et de répondre à une multitude de questions sur smartphone pendant 9 jours de vie quotidienne. La charge de travail demandée au participant est donc conséquente. Il serait intéressant d'étudier cette charge plus en détail en cherchant à la quantifier auprès des participants. Néanmoins, le protocole du projet permet une collecte de données très riches, combinant notamment des données EMA et des données accélérométriques, renforcée également par une procédure commune dans quatre centres différents. Une autre force du protocole est la mise en place d'une phase de familiarisation aux mesures d'EMA et des accéléromètres (jour de la visite initiale et lendemain), afin d'optimiser la qualité de la collecte des données. Cependant, la durée totale de collecte était de neuf jours (période de familiarisation et période d'enregistrement), alors qu'une étude sur des podomètres a mis en évidence qu'une collecte sur deux semaines permettait de pallier à des difficultés liées à l'interférence avec les comportements habituels (Clemes & Deans, 2012).

Une autre limite liée au protocole est l'absence d'un suivi précis du support technique apporté aux participants qui pourrait permettre de collecter des données plus précises sur le monitoring du protocole. Ces données pourraient être très intéressantes pour mieux comprendre comment le monitoring des participants peut être associé avec l'acceptabilité et la compliance aux méthodes de mesure utilisées.

c. Outils de mesure

Concernant l'outil de mesure de l'EMA, les questionnaires basés sur les événements ont une multitude de paramètres de déclenchement. Des changements de paramètres pourraient influencer le taux de questionnaires déclenchés, la compliance et donc les informations recueillies. Parmi ces paramètres, il y a la fenêtre de déclenchement des questionnaires. Choisir une amplitude horaire de 8h à 20h peut exclure certains comportements ciblés qui auraient lieu plus tard le soir ou plus tôt le

matin. Un autre paramètre pouvant varier est le nombre maximum de questionnaires par jour (maximum 3 par jour par exemple) ou au sein d'une période de la journée (matin ou après-midi par exemple). Plus la limite est basse, plus l'outil de mesure peut passer à côté de certains comportements ciblés. Un autre paramètre est l'intervalle entre deux questionnaires (par exemple 120 minutes), qui peut faire varier le nombre de questionnaires déclenchés. Un dernier paramètre est le temps d'expiration d'un questionnaire déclenché (par exemple 15 minutes) qui peut permettre de limiter le biais de mémoire, mais à l'inverse contraindre le temps alloué pour répondre aux questionnaires EMA, et favoriser un taux de réponse plus faible. La variation de ces paramètres influence bien sûr la charge quotidienne des participants avec plus ou moins de questionnaires reçus. Néanmoins, une étude pilote a été réalisée dans le projet WEALTH afin de maximiser le taux de réponse des participants, et de mieux cibler les comportements d'AP et de CS. L'étude pilote a en effet permis d'analyser certains paramètres du protocole comme les seuils de déclenchement des questionnaires afin d'optimiser le taux de réponse aux questionnaires EMA. Les résultats ont mis en évidence qu'en modifiant certains paramètres, il était possible de maximiser la compliance à l'EMA (Janek et al., 2025).

Concernant les appareils accélérométriques, la force de l'étude est que quatre appareils ont été portés pendant 7 jours de vie quotidienne. Les différents appareils apportent donc une richesse des données par rapport à leur spécificité : l'intensité de l'activité pour l'Actigraph®, les différentes positions, notamment sédentaires pour l'ActivPAL®, et le déclenchement des questionnaires de manière instantanée pour la montre Fitbit®. Les différentes données produites par ces appareils et leur comparaison fera l'objet d'études ultérieures au sein du projet WEALTH.

Une force de l'étude, concernant le questionnaire de faisabilité, est que le questionnaire a été construit par les investigateurs du projet WEALTH à partir des dimensions de l'acceptabilité qui devaient être investiguées. Cependant, une limite importante est le manque d'évaluation de ses qualités psychométriques. Malgré un appui sur le modèle TAM, la construction du questionnaire, comme dans les études similaires qui construisent un questionnaire d'acceptabilité, manque d'une

validité psychométrique afin de renforcer la robustesse de l'outil utilisé. Une autre limite du questionnaire d'acceptabilité est le manque de détails par appareil accélérométrique et par type de questionnaire EMA, qui aurait pu permettre d'approfondir les avantages et inconvénients des différents appareils (par rapport à la localisation et au design notamment) et des questionnaires EMA (événementiels, basés sur le temps, auto-initiés).

Par rapport au statut pondéral, la mesure en laboratoire du poids et de la taille permet d'avoir des données plus fiables par rapport à des mesures rapportées. Cependant, l'estimation de la masse grasse par l'IMC est valide principalement au niveau de groupe de sujets et moins au niveau individuel (Rubino et al., 2025).

L'intégration d'outils de mesure supplémentaires serait intéressante pour évaluer les raisons pouvant expliquer un taux d'adhérence faible, à la fois pour les accéléromètres et le dispositif EMA. Il serait par exemple utile d'ajouter une approche qualitative dans le protocole pour compléter les informations sur l'acceptabilité et la compliance des participants. Pour rappel, des entretiens semi-structurés avaient été réalisés mais seulement lors de l'étude pilote afin de recueillir des informations détaillées sur la perception de la faisabilité du protocole, ou du taux de réponse aux questionnaires EMA. Plusieurs études ont combiné approches quantitatives et qualitatives afin de compléter et d'enrichir les données sur l'adhérence à une méthode (Ziesemer et al., 2020). Par ailleurs, afin de compléter les informations sur les données manquantes liées à l'EMA, c'est-à-dire les questionnaires non remplis, il est possible d'utiliser des enregistrements de l'environnement du participant lorsqu'il ne remplit pas un questionnaire, comme par exemple un enregistreur audio non intrusif (Sun et al., 2021). Par cette méthode, il est possible de compléter les informations sur l'origine des données manquantes, afin de comprendre leur impact sur les analyses. De plus, cette méthode permet de mieux prendre en compte les contraintes que rencontrent les participants pour améliorer la compliance à l'EMA lors des protocoles futurs.

d. Analyses

Un des points fort au cours des analyses que nous avons réalisées est le faible nombre de données manquantes liées aux variables du questionnaire général ou aux variables des appareils accélérométriques. Par ailleurs pour les données manquantes, une méthode d'équation en chaîne a été utilisée, combinée par une imputation des données au travers d'un modèle, afin d'optimiser l'imputation.

Par rapport aux analyses sur la faisabilité, utilisant l'adhérence aux accéléromètres, il est important d'aborder la question des jours valides. En effet, les analyses réalisées, et la majorité des études de la littérature scientifique excluent des données, et donc des participants, s'ils n'ont pas un certain seuil de données valides par jour et un nombre de jour valides sur la semaine (Migueles et al., 2017). Cette méthodologie peut paraître limitante du fait de la suppression de sujets, modifiant donc l'adhérence moyenne, et questionnant alors la robustesse de l'évaluation de l'adhérence à l'outil.

Une autre limite des travaux se retrouve dans l'extraction des données accélérométriques, puisqu'il existe une multitude de choix dans les différents paramètres. Principalement, les algorithmes de reconnaissance de port des appareils peuvent supprimer certaines périodes de temps de port, et donc supprimer potentiellement des périodes d'AP ou de CS. Par ailleurs, les seuils appliqués aux données accélérométriques pour l'analyse des intensités d'AP est un réel enjeu. En effet, la littérature a mis en évidence un impact du changement des seuils sur les indicateurs du CP (Migueles et al., 2018). Par ailleurs, une autre étude sur des données d'Actigraph porté à la hanche, a mis en évidence des différences entre les algorithmes d'extraction des données, entre la méthode ENMO, la méthode Mean Amplitude Deviation (MAD), et les méthodes de coup par minute (CPM) vertical et CPM vecteur magnitudes, qui sont des nouvelles méthodes proches de l'algorithme d'extraction du logiciel ActiLife® (Willems et al., 2024). Ces différences étaient présentes sur des métriques globales, comme le temps passé à certaines intensités d'AP ou le gradient d'intensité. Toutefois, les différentes méthodes

d'extraction impactaient également les relations entre les comportements et des critères de santé (comme l'IMC ou le tour de taille).

3. Perspectives de recherche

a. Impact sur la recherche

Nos résultats suggèrent que l'utilisation de la méthode EMA est réalisable et acceptable pour l'évaluation d'interventions concernant le CP ou l'évaluation du contexte du CP chez des adultes en bonne santé. Les résultats ont également souligné l'importance de réfléchir au schéma expérimental de l'étude pour minimiser la charge quotidienne et accroître le taux d'adhérence aux appareils accélérométriques et au remplissage quotidien des questionnaires EMA. Ces recommandations peuvent aider les futures études à optimiser leur protocole. Les différents facteurs associés à la compliance de l'EMA sont également des leviers d'actions pour les futures recherches, afin d'affiner le protocole des études utilisant la méthode EMA (notamment le nombre et la fréquence des questionnaires).

L'association entre l'acceptabilité, basée sur les perceptions des participants, et le niveau de compliance à la méthode de l'EMA met en avant l'importance de se mettre à la place du participant dans la construction du protocole. Dans une perspective de recherche participative, il est même possible de faire participer les sujets à la construction du protocole, que ce soit pour l'élaboration de l'application EMA, pour l'ajustement des règles de déclenchement ou des règles de rappel des questionnaires, pour que ces paramètres correspondent mieux aux attentes des participants (Buffey et al., 2024; Ramji et al., 2020).

L'analyse du niveau de compliance n'est pas seulement utile pour améliorer les études futures, mais elle ouvre la voie à une prise en compte du niveau de compliance, comme marqueur du niveau de données manquantes, dans les analyses utilisant des données EMA. Comme dans notre troisième étude, le niveau global de compliance aux questionnaires EMA peut servir de facteur d'ajustement afin

d'étudier si les données manquantes induites par un non-remplissage peuvent impacter certaines relations.

L'approche par EMA est également prometteuse pour des interventions comportementales sur le CP en temps réel, appelées « just-in-time » (Hardeman et al., 2019). En effet, l'approche basée sur l'EMA et la combinaison d'accéléromètres permet de développer des interventions qui tiennent compte de la nature dynamique du CP et de ses déterminants en fournissant le type et la quantité de soutien appropriés au bon moment, grâce à des conceptions adaptatives novatrices. Par exemple, une étude proposait dans une population d'adultes en situation de surpoids ou d'obésité le déclenchement d'un message de soutien lors d'une durée d'inactivité continue mesurée objectivement par un capteur (Bond et al., 2014). Par exemple, un message était déclenché sur le smartphone invitant à prendre une pause active de 3 minutes après 30 minutes continues de CS. Pour l'AP, les interventions peuvent apporter un soutien en temps réel en fonction de moments opportuns identifiés dans des zones géolocalisées, et en s'appuyant sur le niveau d'AP de la journée, l'heure, et la météo (Hardeman et al., 2019). Le soutien peut prendre la forme d'une suggestion d'AP ou d'un retour d'information sur le comportement.

b. Futurs travaux

Nos études sur la faisabilité ouvrent la voie à une compréhension plus détaillée de la compliance à l'EMA. En plus d'études complétant les informations manquantes sur la raison du non remplissage du questionnaire, ou sur l'influence du support aux participants (voir limites), d'autres questions peuvent se poser. Par exemple, il serait intéressant d'investiguer la relation entre taux de réponse aux questionnaires EMA d'un jour en fonction du nombre de questionnaires reçus et remplis la veille.

De futurs travaux sur l'exploitation de données liées à l'EMA pourraient venir enrichir la compréhension du CP en lien avec les conditions météorologiques, et le lieu de pratique (intérieur ou extérieur). De manière longitudinale au cours d'une semaine, si des données météo étaient

enregistrées par le participant ou évaluées par ailleurs, la méthode de l'EMA permettrait de mieux comprendre la dynamique des comportements. Il serait possible de comprendre si des conditions météorologiques défavorables peuvent transformer un comportement d'AP en un CS. La méthode innovante de l'EMA peut donc enrichir la compréhension détaillée des déterminants du CP.

Par ailleurs, des analyses en cours au sein du projet WEALTH se focalisent sur la temporalité des comportements, possible grâce à la méthode de l'EMA. D'une part, des analyses entre le CP et l'humeur sont réalisées pour mettre en avant des relations bidirectionnelles entre un état affectif (grâce à l'humeur) et un comportement antérieur ou ultérieur. D'autre part, des analyses permettent d'étudier la relation temporelle entre l'AP et le CS, afin de mettre en lumière si des épisodes d'AP influencent positivement ou négativement le niveau de CS plus tard dans la journée ou le lendemain, et inversement.

4. Perspectives de santé publique

Dans une perspective de santé publique, la méthode de l'EMA apparaît être une solution innovante, avec une utilisation réalisable et potentiellement acceptable auprès d'une population adulte. Même si d'autres études sont nécessaires pour confirmer ces résultats, la méthode de l'EMA semble prometteuse pour être utilisée dans les enquêtes de surveillance à large échelle. L'utilisation de la méthode apparaît exploitable dans une population diversifiée puisqu'il semble y avoir peu d'impact de facteurs socio-démographiques (sexe, âge, niveau de diplôme, niveau d'AP) suggérant l'applicabilité dans des groupes variés. Néanmoins, il ne s'agit pas d'une population représentative des pays européens, avec notamment une proportion plus importante des catégories socio-professionnelles élevées. Il est notamment important au regard de ce biais d'échantillon de travailler à la littératie des questionnaires pour un développement à l'échelle de la population.

Cette nouvelle méthode de l'EMA, notamment par l'utilisation de questionnaires basés sur les événements, peut permettre une meilleure compréhension des déterminants du CP, et ainsi mettre en avant des leviers d'action publique. En effet, l'exploitation des résultats sur le contexte du CP, en population générale comme dans des populations cibles, peut permettre d'argumenter certaines actions de prévention (quel lieu ou quel entourage favorisent les comportements actifs ?). La meilleure compréhension des déterminants grâce à la méthode de l'EMA peut également favoriser l'émergence de recommandations plus cliniques, notamment au travers des médecins ou des diététiciens.

La méthode de l'EMA, avec un enregistrement régulier en temps réel basé sur des questionnaires auto-initiés, pourrait également être un outil d'évaluation utilisé par les cliniciens, comme les médecins ou les diététiciens, afin d'évaluer le CP ou d'autres comportement de santé de leur patient. L'apport de la dynamique temporelle du comportement pourrait être une source d'informations importante pour mieux aider et aiguiller le patient vers de meilleurs comportements pour la santé.

Conclusion

Pour améliorer les états de santé dans la population, l'augmentation de l'AP et la réduction du CS sont des objectifs comportementaux importants. Les méthodes usuelles de l'évaluation du CP se confrontent à quelques limites, par rapport à l'objectivité de la mesure ou à l'absence de certains indicateurs d'évaluation, notamment le contexte du comportement. Or, la prise en compte de l'individu dans sa globalité, en s'intéressant au contexte de l'activité, est un élément important pour accroître la compréhension des déterminants du comportement, et ajuster les interventions ou actions de prévention. Il est alors nécessaire de rechercher et de développer de nouvelles méthodes de mesure combinant les avantages des méthodes précédentes, à l'image de l'EMA. Nos différentes études ont permis de mettre en évidence qu'une utilisation de la méthode de l'EMA était réalisable dans une population diversifiée d'adultes. Malgré un protocole intensif combinant EMA et accélérométrie, l'acceptabilité s'est révélée satisfaisante. Toutefois, il est important de construire le protocole en s'intéressant à la charge quotidienne perçue pour maximiser le taux de remplissage. Par ailleurs, l'adhérence à l'EMA était satisfaisante, associée à l'acceptabilité, et à différents paramètres comme le type de questionnaire, le moment de l'envoi du questionnaire, la plateforme du smartphone et la compliance aux appareils accélérométriques. Néanmoins, il y avait peu d'impact des variables sociodémographiques comme le sexe, l'âge, le niveau d'éducation et le pays, à la fois pour l'acceptabilité et l'adhérence à l'EMA, suggérant une utilisation potentielle de la méthode dans une population à large échelle. Pour finir, la combinaison de la méthode de l'EMA avec des accéléromètres a permis de mettre en évidence que l'appropriation des espaces extérieurs peut être un levier pour favoriser des comportements plus actifs au sein d'une population diversifiée d'adultes.

Nos résultats ouvrent la voie à l'utilisation de la méthode de l'EMA pour une meilleure compréhension du CP. La compréhension plus détaillée et dans une dynamique temporelle du contexte du CP est un avantage considérable afin de s'intéresser aux comportements des individus, de manière holistique, pour mettre en lumière des leviers d'action à l'échelle individuelle comme collective.

A l'heure où le changement climatique devient une préoccupation majeure dans la communauté scientifique, les comportements en lien avec la santé peuvent jouer un rôle primordial (Chevance et al., 2023). Bien que l'AP peut jouer un « rôle d'atténuation » et « d'amplification » dans le processus du changement climatique (Bernard et al., 2021), il est important de se questionner sur la place que peut avoir le CP pour favoriser des activités respectueuses de notre environnement en population générale.

« Il ne saurait exister pour la science de vérité acquise. Le savant n'est pas l'homme qui fournit les vraies réponses ; c'est celui qui fournit les vraies questions. »

(Lévy Strauss, Le cru et le cuit, 1964)

Références

- Aadland, E., & Ylvisåker, E. (2015). Reliability of the Actigraph GT3X+ Accelerometer in Adults under Free-Living Conditions. *PLOS ONE*, 10(8), e0134606. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134606>
- Ahmadi, M. N., Rezende, L. F. M., Ferrari, G., Del Pozo Cruz, B., Lee, I.-M., & Stamatakis, E. (2024). Do the associations of daily steps with mortality and incident cardiovascular disease differ by sedentary time levels? A device-based cohort study. *British Journal of Sports Medicine*, 58(5), 261-268. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-107221>
- Airlie, J., Forster, A., & Birch, K. M. (2022). An investigation into the optimal wear time criteria necessary to reliably estimate physical activity and sedentary behaviour from ActiGraph wGT3X+ accelerometer data in older care home residents. *BMC Geriatrics*, 22(1), 136. <https://doi.org/10.1186/s12877-021-02725-6>
- Almeida, D. P., Alberto, K. C., & Mendes, L. L. (2021). Neighborhood environment walkability scale : A scoping review. *Journal of Transport & Health*, 23, 101261. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2021.101261>
- Alosaimi, N., Sherar, L. B., Griffiths, P., & Pearson, N. (2023). Clustering of diet, physical activity and sedentary behaviour and related physical and mental health outcomes : A systematic review. *BMC Public Health*, 23(1), 1572. <https://doi.org/10.1186/s12889-023-16372-6>
- Anaya, G., Pettee Gabriel, K., St-Onge, M., van Horn, L. V., Alfini, A., Badon, S. E., Boushey, C., Brown, A., Depner, C. M., Diaz, K. M., Doherty, A., Dooley, E. E., Dumuid, D., Fernandez-Mendoza, J., Grandner, M. A., Herrick, K. A., Hu, F. B., Knutson, K. L., Paluch, A., ... Hong, Y. (2024). Optimal Instruments for Measurement of Dietary Intake, Physical Activity, and Sleep Among Adults in Population-Based Studies : Report of a National Heart, Lung, and Blood Institute Workshop. *Journal of the American Heart Association*, e035818. <https://doi.org/10.1161/JAHA.124.035818>
- Andreeva, V. A., Deschamps, V., Salanave, B., Castetbon, K., Verdor, C., Kesse-Guyot, E., & Hercberg, S. (2016). Comparison of Dietary Intakes Between a Large Online Cohort Study (Etude NutriNet-Santé) and a Nationally Representative Cross-Sectional Study (Etude Nationale Nutrition Santé) in France : Addressing the Issue of Generalizability in E-Epidemiology. *American Journal of Epidemiology*, 184(9), 660-669. <https://doi.org/10.1093/aje/kww016>
- ANSES. (2016). *Actualisation des repères du PNNS - Révisions des repères relatifs à l'activité physique et à la sédentarité* (p. 584). Agence Nationale de Sécurité Sanitaire (ANSES).

- ANSES. (2022). *Avis de l'Anses relatif à l'évaluation des risques liés aux niveaux d'activité physique et de sédentarité des adultes de 18 à 64 ans, hors femmes enceintes et ménopausées* (p. 113). Agence Nationale de Sécurité Sanitaire (ANSES).
- Arem, H., Moore, S. C., Patel, A., Hartge, P., Berrington De Gonzalez, A., Visvanathan, K., Campbell, P. T., Freedman, M., Weiderpass, E., Adami, H. O., Linet, M. S., Lee, I.-M., & Matthews, C. E. (2015). Leisure Time Physical Activity and Mortality : A Detailed Pooled Analysis of the Dose-Response Relationship. *JAMA Internal Medicine*, 175(6), 959. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2015.0533>
- Barisic, A., Leatherdale, S. T., & Kreiger, N. (2011). Importance of Frequency, Intensity, Time and Type (FITT) in Physical Activity Assessment for Epidemiological Research. *Canadian Journal of Public Health*, 102(3), 174-175. <https://doi.org/10.1007/BF03404889>
- Battaglia, B., Lee, L., Jia, S. S., Partridge, S. R., & Allman-Farinelli, M. (2022). The Use of Mobile-Based Ecological Momentary Assessment (mEMA) Methodology to Assess Dietary Intake, Food Consumption Behaviours and Context in Young People : A Systematic Review. *Healthcare*, 10(7), 1329. <https://doi.org/10.3390/healthcare10071329>
- Bauman, A., Ainsworth, B. E., Sallis, J. F., Hagströmer, M., Craig, C. L., Bull, F. C., Pratt, M., Venugopal, K., Chau, J., & Sjöström, M. (2011). The Descriptive Epidemiology of Sitting. *American Journal of Preventive Medicine*, 41(2), 228-235. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2011.05.003>
- Bauman, A. E., Reis, R. S., Sallis, J. F., Wells, J. C., Loos, R. J., & Martin, B. W. (2012). Correlates of physical activity : Why are some people physically active and others not? *The Lancet*, 380(9838), 258-271. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60735-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60735-1)
- Bernard, P., Chevance, G., Kingsbury, C., Baillot, A., Romain, A.-J., Molinier, V., Gadais, T., & Dancause, K. N. (2021). Climate Change, Physical Activity and Sport : A Systematic Review. *Sports Medicine*, 51(5), 1041-1059. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01439-4>
- Biswas, A., Oh, P. I., Faulkner, G. E., Bajaj, R. R., Silver, M. A., Mitchell, M. S., & Alter, D. A. (2015). Sedentary Time and Its Association With Risk for Disease Incidence, Mortality, and Hospitalization in Adults : A Systematic Review and Meta-analysis. *Annals of Internal Medicine*, 162(2), 123-132. <https://doi.org/10.7326/M14-1651>
- Blair, S. N., LaMonte, M. J., & Nichaman, M. Z. (2004). The evolution of physical activity recommendations : How much is enough? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 913S-920S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.913S>
- Bond, D. S., Thomas, J. G., Raynor, H. A., Moon, J., Sieling, J., Trautvetter, J., Leblond, T., & Wing, R. R. (2014). B-MOBILE - A Smartphone-Based Intervention to Reduce Sedentary Time in Overweight/Obese Individuals : A Within-Subjects Experimental Trial. *PLoS ONE*, 9(6), e100821. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0100821>

- Bouchan, J., Oppert, J.-M., Charreire, H., Bellicha, A., Deschamps, V., Salanave, B., & Verdot, C. (2023). Physical activity of adults living in metropolitan France : Analysis by domain and type of activity, Esteban study, 2014-2016. *Bulletin Épidémiologique Hebdomadaire*. https://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2023/12-13/2023_12-13_3.html
- Bouchard, C. (2001). Physical activity and health : Introduction to the dose-response symposium. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(Supplement), S347-S350. <https://doi.org/10.1097/00005768-200106001-00002>
- Buffey, A. J., Langley, C. K., Carson, B. P., Donnelly, A. E., & Salsberg, J. (2024). Participatory Approaches in the Context of Research Into Workplace Health Promotion to Improve Physical Activity Levels and Reduce Sedentary Behavior Among Office-Based Workers : Scoping Review. *JMIR Public Health and Surveillance*, 10, e50195. <https://doi.org/10.2196/50195>
- Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J.-P., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P. C., DiPietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C. M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P. T., ... Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine*, 54(24), 1451-1462. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>
- Businelle, M. S., Hébert, E. T., Shi, D., Benson, L., Kezbers, K. M., Tonkin, S., Piper, M. E., & Qian, T. (2024). Investigating Best Practices for Ecological Momentary Assessment : Nationwide Factorial Experiment. *Journal of Medical Internet Research*, 26, e50275. <https://doi.org/10.2196/50275>
- Buuren, S. van, & Groothuis-Oudshoorn, K. (2011). mice : Multivariate Imputation by Chained Equations in R. *Journal of Statistical Software*, 45(3). <https://doi.org/10.18637/jss.v045.i03>
- Carlin, A., Perchoux, C., Puggina, A., Aleksovskaja, K., Buck, C., Burns, C., Cardon, G., Chantal, S., Ciarapica, D., Condello, G., Coppinger, T., Cortis, C., D'Haese, S., De Craemer, M., Di Blasio, A., Hansen, S., Iacoviello, L., Issartel, J., Izzicupo, P., ... Boccia, S. (2017). A life course examination of the physical environmental determinants of physical activity behaviour : A "Determinants of Diet and Physical Activity" (DEDIPAC) umbrella systematic literature review. *PLOS ONE*, 12(8), e0182083. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182083>
- Carmines, E. G., & Zeller, R. A. (1979). *Reliability and Validity Assessment* (Numéro n° 17). SAGE Publications. https://books.google.fr/books?id=BN_MMD9BHogC
- Carré, F. (2013). *Danger sédentarité : Vivre plus en bougeant plus*. Cherche Midi.
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness : Definitions and distinctions for health-related research. *Public health reports*, 100(2), 126.

- Chastin, S. F. M., Abaraogu, U., Bourgois, J. G., Dall, P. M., Darnborough, J., Duncan, E., Dumortier, J., Pavón, D. J., McParland, J., Roberts, N. J., & Hamer, M. (2021). Effects of Regular Physical Activity on the Immune System, Vaccination and Risk of Community-Acquired Infectious Disease in the General Population : Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 51(8), 1673-1686. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01466-1>
- Chastin, S. F. M., McGregor, D. E., Biddle, S. J. H., Cardon, G., Chaput, J.-P., Dall, P. M., Dempsey, P. C., DiPietro, L., Ekelund, U., Katzmarzyk, P. T., Leitzmann, M., Stamatakis, E., & Van der Ploeg, H. P. (2021). Striking the Right Balance : Evidence to Inform Combined Physical Activity and Sedentary Behavior Recommendations. *Journal of Physical Activity and Health*, 18(6), 631-637. <https://doi.org/10.1123/jpah.2020-0635>
- Cheng, T. M., Savkin, A. V., Celler, B. G., Su, S. W., & Wang, N. (2009). Universal algorithm for exercise rate estimation in walking, cycling and rowing using triaxial accelerometry. *Electronics Letters*, 45(8), 394. <https://doi.org/10.1049/el.2009.3515>
- Chevance, G., Fresán, U., Hekler, E., Edmondson, D., Lloyd, S. J., Ballester, J., Litt, J., Cvijanovic, I., Araújo-Soares, V., & Bernard, P. (2023). Thinking Health-related Behaviors in a Climate Change Context : A Narrative Review. *Annals of Behavioral Medicine*, 57(3), 193-204. <https://doi.org/10.1093/abm/kaac039>
- Clemes, S. A., & Deans, N. K. (2012). Presence and Duration of Reactivity to Pedometers in Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(6), 1097-1101. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318242a377>
- Collectif Inserm. (2008). *Activité physique : Contextes et effets sur la santé*. Inserm.
- Colley, R. C., Garrigué, D., Janssen, I., Craig, C. L., Clarke, J., & Tremblay, M. S. (2011). Physical activity of Canadian adults : Accelerometer results from the 2007 to 2009 Canadian Health Measures Survey. *Health Reports*, 22(1), 7-14.
- Compernelle, S., Vetrovsky, T., Maes, I., Delobelle, J., Lebuf, E., De Vylder, F., Cnudde, K., Van Cauwenberg, J., Poppe, L., & Van Dyck, D. (2024). Older adults' compliance with mobile ecological momentary assessments in behavioral nutrition and physical activity research : Pooled results of four intensive longitudinal studies and recommendations for future research. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 21(1), 92. <https://doi.org/10.1186/s12966-024-01629-z>
- Cortis, C., Puggina, A., Pesce, C., Aleksovska, K., Buck, C., Burns, C., Cardon, G., Carlin, A., Simon, C., Ciarapica, D., Condello, G., Coppinger, T., D'Haese, S., De Craemer, M., Di Blasio, A., Hansen, S., Iacoviello, L., Issartel, J., Izzicupo, P., ... Boccia, S. (2017). Psychological determinants of physical activity across the life course : A « DEterminants of Diet and Physical ACTivity »

- (DEDIPAC) umbrella systematic literature review. *PLOS ONE*, 12(8), e0182709. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182709>
- Creasy, S. A., Rynders, C. A., Bergouignan, A., Kealey, E. H., & Bessesen, D. H. (2018). Free-Living Responses in Energy Balance to Short-Term Overfeeding in Adults Differing in Propensity for Obesity. *Obesity*, 26(4), 696-702. <https://doi.org/10.1002/oby.22121>
- Croutte, P., & Müller, J. (2021). *Baromètre national des pratiques sportives 2020*. INJEP.
- Crowley, P., Ikeda, E., Islam, S. M. S., Kildedal, R., Schade Jacobsen, S., Roslyng Larsen, J., Johansson, P. J., Hettiarachchi, P., Aadahl, M., Mork, P. J., Straker, L., Stamatakis, E., Holtermann, A., & Gupta, N. (2022). The Surveillance of Physical Activity, Sedentary Behavior, and Sleep : Protocol for the Development and Feasibility Evaluation of a Novel Measurement System. *JMIR Research Protocols*, 11(6), e35697. <https://doi.org/10.2196/35697>
- Dai, S., Carroll, D. D., Watson, K. B., Paul, P., Carlson, S. A., & Fulton, J. E. (2015). Participation in Types of Physical Activities among US Adults—National Health and Nutrition Examination Survey 1999–2006. *Journal of Physical Activity and Health*, 12(s1), S128-S140. <https://doi.org/10.1123/jpah.2015-0038>
- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1989). User Acceptance of Computer Technology : A Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science*, 35(8), 982-1003. <https://doi.org/10.1287/mnsc.35.8.982>
- De Nys, L., Anderson, K., Ofosu, E. F., Ryde, G. C., Connelly, J., & Whittaker, A. C. (2022). The effects of physical activity on cortisol and sleep : A systematic review and meta-analysis. *Psychoneuroendocrinology*, 143, 105843. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2022.105843>
- Del Pozo Cruz, B., Ahmadi, M. N., Lee, I.-M., & Stamatakis, E. (2022). Prospective Associations of Daily Step Counts and Intensity With Cancer and Cardiovascular Disease Incidence and Mortality and All-Cause Mortality. *JAMA Internal Medicine*, 182(11), 1139. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2022.4000>
- Delobelle, J., Compernelle, S., Vetrovsky, T., Van Cauwenberg, J., & Van Dyck, D. (2025). Contexts, affective and physical states and their variations during physical activity in older adults : An intensive longitudinal study with sensor-triggered event-based ecological momentary assessments. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 22(1), 30. <https://doi.org/10.1186/s12966-025-01724-9>
- Delobelle, J., Lebuf, E., Dyck, D. V., Compernelle, S., Janek, M., Backere, F. D., & Vetrovsky, T. (2024). Fitbit's accuracy to measure short bouts of stepping and sedentary behaviour : Validation,

- sensitivity and specificity study. *DIGITAL HEALTH*, 10, 20552076241262710. <https://doi.org/10.1177/20552076241262710>
- Devarajan, R., Prabhakaran, D., & Goenka, S. (2020). Built environment for physical activity—An urban barometer, surveillance, and monitoring. *Obesity Reviews*, 21(1), e12938. <https://doi.org/10.1111/obr.12938>
- Dewulf, B., Neutens, T., Van Dyck, D., De Bourdeaudhuij, I., Broekx, S., Beckx, C., & Van De Weghe, N. (2016). Associations between time spent in green areas and physical activity among late middle-aged adults. *Geospatial Health*, 11(3). <https://doi.org/10.4081/gh.2016.411>
- Dillon, A., & Morris, M. (1996). User Acceptance of Information Technology : Theories and Models. *Annual Review of Information Science and Technology*, 31.
- Ding, D., Sallis, J. F., Kerr, J., Lee, S., & Rosenberg, D. E. (2011). Neighborhood Environment and Physical Activity Among Youth. *American Journal of Preventive Medicine*, 41(4), 442-455. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2011.06.036>
- Do, B., Hedeker, D., Wang, W.-L., Mason, T. B., Belcher, B. R., Miller, K. A., Rothman, A. J., Intille, S. S., & Dunton, G. F. (2024). Investigating the day-level associations between affective variability and physical activity using ecological momentary assessment. *Psychology of Sport and Exercise*, 70, 102542. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2023.102542>
- Doherty, A., Jackson, D., Hammerla, N., Plötz, T., Olivier, P., Granat, M. H., White, T., van Hees, V. T., Trenell, M. I., Owen, C. G., Preece, S. J., Gillions, R., Sheard, S., Peakman, T., Brage, S., & Wareham, N. J. (2017). Large Scale Population Assessment of Physical Activity Using Wrist Worn Accelerometers : The UK Biobank Study. *PLOS ONE*, 12(2), e0169649. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169649>
- Dössegger, A., Ruch, N., Jimmy, G., Braun-Fahrländer, C., Mäder, U., Hänggi, J., Hofmann, H., Puder, J. J., Kriemler, S., & Bringolf-Isler, B. (2014). Reactivity to Accelerometer Measurement of Children and Adolescents. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(6), 1140-1146. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000215>
- Dowd, K. P., Szeklicki, R., Minetto, M. A., Murphy, M. H., Polito, A., Ghigo, E., Van Der Ploeg, H., Ekelund, U., Maciaszek, J., Stemplewski, R., Tomczak, M., & Donnelly, A. E. (2018). A systematic literature review of reviews on techniques for physical activity measurement in adults : A DEDIPAC study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 15(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s12966-017-0636-2>
- Dunton, G. F. (2017). Ecological Momentary Assessment in Physical Activity Research. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 45(1), 48-54. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000092>

- Dunton, G. F., Dzubur, E., Kawabata, K., Yanez, B., Bo, B., & Intille, S. (2014). Development of a Smartphone Application to Measure Physical Activity Using Sensor-Assisted Self-Report. *Frontiers in Public Health*, 2. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2014.00012>
- Dunton, G. F., Liao, Y., Intille, S., Huh, J., & Leventhal, A. (2015). Momentary assessment of contextual influences on affective response during physical activity. *Health Psychology*, 34(12), 1145-1153. <https://doi.org/10.1037/hea0000223>
- Dunton, G. F., Whalen, C. K., Jamner, L. D., & Floro, J. N. (2007). Mapping the social and physical contexts of physical activity across adolescence using ecological momentary assessment. *Annals of Behavioral Medicine*, 34(2), 144-153. <https://doi.org/10.1007/BF02872669>
- Duscha, B. D., Slentz, C. A., Johnson, J. L., Houmard, J. A., Bensimhon, D. R., Knetzger, K. J., & Kraus, W. E. (2005). Effects of Exercise Training Amount and Intensity on Peak Oxygen Consumption in Middle-Age Men and Women at Risk for Cardiovascular Disease. *Chest*, 128(4), 2788-2793. <https://doi.org/10.1378/chest.128.4.2788>
- Dyck, D. V., Cerin, E., De Bourdeaudhuij, I., Hinckson, E., Reis, R. S., Davey, R., Sarmiento, O. L., Mitas, J., Troelsen, J., MacFarlane, D., Salvo, D., Aguinaga-Ontoso, I., Owen, N., Cain, K. L., & Sallis, J. F. (2015). International study of objectively measured physical activity and sedentary time with body mass index and obesity : IPEN adult study. *International Journal of Obesity*, 39(2), 199-207. <https://doi.org/10.1038/ijo.2014.115>
- Dygrýn, J., Brazo-Sayavera, J., Cruz, J., Gebremariam, M. K., Ribeiro, J. C., Capranica, L., MacDonncha, C., & Netz, Y. (2025). Definitions of determinants of physical activity behaviour : Process and outcome of consensus from the DE-PASS expert group. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 22(1), 34. <https://doi.org/10.1186/s12966-025-01728-5>
- Edwardson, C. L., Winkler, E. A. H., Bodicoat, D. H., Yates, T., Davies, M. J., Dunstan, D. W., & Healy, G. N. (2017). Considerations when using the activPAL monitor in field-based research with adult populations. *Journal of Sport and Health Science*, 6(2), 162-178. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2016.02.002>
- Ekelund, U., Steene-Johannessen, J., Brown, W. J., Fagerland, M. W., Owen, N., Powell, K. E., Bauman, A., & Lee, I.-M. (2016). Does physical activity attenuate, or even eliminate, the detrimental association of sitting time with mortality? A harmonised meta-analysis of data from more than 1 million men and women. *The Lancet*, 388(10051), 1302-1310. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30370-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30370-1)
- Ekelund, U., Tarp, J., Fagerland, M. W., Johannessen, J. S., Hansen, B. H., Jefferis, B. J., Whincup, P. H., Diaz, K. M., Hooker, S., Howard, V. J., Chernofsky, A., Larson, M. G., Spartano, N., Vasan, R. S., Dohrn, I.-M., Hagströmer, M., Edwardson, C., Yates, T., Shiroma, E. J., ... Lee, I.-M. (2020). Joint associations of accelerometer-measured physical activity and sedentary time with all-cause

- mortality : A harmonised meta-analysis in more than 44 000 middle-aged and older individuals. *British Journal of Sports Medicine*, 54(24), 1499-1506. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103270>
- Ekelund, U., Tarp, J., Steene-Johannessen, J., Hansen, B. H., Jefferis, B., Fagerland, M. W., Whincup, P., Diaz, K. M., Hooker, S. P., Chernofsky, A., Larson, M. G., Spartano, N., Vasan, R. S., Dohrn, I.-M., Hagströmer, M., Edwardson, C., Yates, T., Shiroma, E., Anderssen, S. A., & Lee, I.-M. (2019). Dose-response associations between accelerometry measured physical activity and sedentary time and all cause mortality : Systematic review and harmonised meta-analysis. *BMJ*, l4570. <https://doi.org/10.1136/bmj.l4570>
- Ellis, K., Kerr, J., Godbole, S., Staudenmayer, J., & Lanckriet, G. (2016). Hip and Wrist Accelerometer Algorithms for Free-Living Behavior Classification. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(5), 933-940. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000840>
- Evenson, K. R., & Wen, F. (2015). Performance of the ActiGraph accelerometer using a national population-based sample of youth and adults. *BMC Research Notes*, 8(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s13104-014-0970-2>
- Farrahi, V., Rostami, M., Dumuid, D., Chastin, S. F. M., Niemelä, M., Korpelainen, R., Jämsä, T., & Oussalah, M. (2022). Joint Profiles of Sedentary Time and Physical Activity in Adults and Their Associations with Cardiometabolic Health. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 54(12), 2118-2128. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000003008>
- Fingerman, K. L., Huo, M., Charles, S. T., & Umberson, D. J. (2020). Variety Is the Spice of Late Life : Social Integration and Daily Activity. *The Journals of Gerontology: Series B*, 75(2), 377-388. <https://doi.org/10.1093/geronb/gbz007>
- Fontbonne, A., Currie, A., Tounian, P., Picot, M.-C., Foulatier, O., Nedelcu, M., & Nocca, D. (2023). Prevalence of Overweight and Obesity in France : The 2020 Obepi-Roche Study by the “Ligue Contre l’Obésité”. *Journal of Clinical Medicine*, 12(3), 925. <https://doi.org/10.3390/jcm12030925>
- Gordon, B. R., McDowell, C. P., Hallgren, M., Meyer, J. D., Lyons, M., & Herring, M. P. (2018). Association of Efficacy of Resistance Exercise Training With Depressive Symptoms : Meta-analysis and Meta-regression Analysis of Randomized Clinical Trials. *JAMA Psychiatry*, 75(6), 566. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2018.0572>
- Guthold, R., Stevens, G. A., Riley, L. M., & Bull, F. C. (2018). Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016 : A pooled analysis of 358 population-based surveys with 1.9 million participants. *The Lancet Global Health*, 6(10), e1077-e1086. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(18\)30357-7](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(18)30357-7)

- Hardeman, W., Houghton, J., Lane, K., Jones, A., & Naughton, F. (2019). A systematic review of just-in-time adaptive interventions (JITAs) to promote physical activity. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 16(1), 31. <https://doi.org/10.1186/s12966-019-0792-7>
- Healy, G. N., Dunstan, D. W., Salmon, J., Cerin, E., Shaw, J. E., Zimmet, P. Z., & Owen, N. (2008). Breaks in Sedentary Time. *Diabetes Care*, 31(4), 661-666. <https://doi.org/10.2337/dc07-2046>
- Helle, A. C., Freeman, L. K., Pellegrini, A. M., Wycoff, A. M., Winograd, R., & Trull, T. J. (2023). Implementing an EMA burst design in community-engaged research : Participant and researcher perspectives and recommendations. *The American Journal of Drug and Alcohol Abuse*, 49(1), 53-62. <https://doi.org/10.1080/00952990.2022.2160340>
- Hercberg, S., Castetbon, K., Czernichow, S., Malon, A., Mejean, C., Kesse, E., Touvier, M., & Galan, P. (2010). The Nutrinet-Santé Study : A web-based prospective study on the relationship between nutrition and health and determinants of dietary patterns and nutritional status. *BMC Public Health*, 10(1), 242. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-10-242>
- Hildebrand, M., Van Hees, V. T., Hansen, B. H., & Ekelund, U. (2014). Age Group Comparability of Raw Accelerometer Output from Wrist- and Hip-Worn Monitors. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(9), 1816-1824. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000289>
- Hufford, M. R. (2007). Special Methodological Challenges and Opportunities in Ecological Momentary Assessment. In A. A. Stone, S. Shiffman, A. A. Atienza, & L. Nebeling (Éds.), *The Science of Real-Time Data Capture* (p. 54-75). Oxford University Press New York, NY. <https://doi.org/10.1093/oso/9780195178715.003.0004>
- International Society for Physical Activity and Health (ISPAH). (2020). *ISPAH's eight investments that work for physical activity*. International Society for Physical Activity and Health. Available from: www.ISPAH.org/Resources
- Jacobs, D. R., Ainsworth, B. E., Hartman, T. J., & Leon, A. S. (1993). A simultaneous evaluation of 10 commonly used physical activity questionnaires: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 25(1), 81-91. <https://doi.org/10.1249/00005768-199301000-00012>
- James, P., Hart, J. E., Hipp, J. A., Mitchell, J. A., Kerr, J., Hurvitz, P. M., Glanz, K., & Laden, F. (2017). GPS-Based Exposure to Greenness and Walkability and Accelerometry-Based Physical Activity. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 26(4), 525-532. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-16-0925>
- Janek, M., Kuhnova, J., Cardon, G., Van Dyck, D., Cimler, R., Elavsky, S., Fezeu, L. K., Oppert, J.-M., Buck, C., Hebestreit, A., Harrington, J., Sigcha, L., Van de Ven, P., Donnelly, A., Vetrovsky, T., & on behalf of the WEALTH consortium. (2025). Ecological momentary assessment of physical and eating behaviours : The WEALTH feasibility and optimisation study with recommendations for

- large-scale data collection. *PLOS ONE*, 20(2), e0318772. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0318772>
- Jones, A., Remmerswaal, D., Verveer, I., Robinson, E., Franken, I. H. A., Wen, C. K. F., & Field, M. (2019). Compliance with ecological momentary assessment protocols in substance users : A meta-analysis. *Addiction*, 114(4), 609-619. <https://doi.org/10.1111/add.14503>
- Jones, K. K., Zenk, S. N., McDonald, A., & Corte, C. (2016). Experiences of African-American Women with Smartphone-Based Ecological Momentary Assessment. *Public Health Nursing*, 33(4), 371-380. <https://doi.org/10.1111/phn.12239>
- Kazemi, A., Soltani, S., Aune, D., Hosseini, E., Mokhtari, Z., Hassanzadeh, Z., Jayedi, A., Pitanga, F., & Akhlaghi, M. (2024). Leisure-time and occupational physical activity and risk of cardiovascular disease incidence : A systematic-review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 21(1), 45. <https://doi.org/10.1186/s12966-024-01593-8>
- Kesaniemi, Y., Danforth, E., Jensen, M. D., Kopelman, P. G., Lefèbvre, P., & Reeder, B. A. (2001). Dose-response issues concerning physical activity and health : An evidence-based symposium: *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(Supplement), S351-S358. <https://doi.org/10.1097/00005768-200106001-00003>
- Kloss, R. F., Lorca, J. C., Rivera, A. R., Saldaña, B. F., de Victo, E. R., & Ferrari, G. (2025). Perceived neighborhood built environment and physical activity in urban population in Chile. *BMC Public Health*, 25(1), 969. <https://doi.org/10.1186/s12889-025-22138-z>
- Kyu, H. H., Bachman, V. F., Alexander, L. T., Mumford, J. E., Afshin, A., Estep, K., Veerman, J. L., Delwiche, K., Iannarone, M. L., Moyer, M. L., Cercy, K., Vos, T., Murray, C. J. L., & Forouzanfar, M. H. (2016). Physical activity and risk of breast cancer, colon cancer, diabetes, ischemic heart disease, and ischemic stroke events : Systematic review and dose-response meta-analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *BMJ*, i3857. <https://doi.org/10.1136/bmj.i3857>
- Lamonte, M. J., & Ainsworth, B. E. (2001). Quantifying energy expenditure and physical activity in the context of dose response: *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(Supplement), S370-S378. <https://doi.org/10.1097/00005768-200106001-00006>
- Lassale, C., Castetbon, K., Laporte, F., Camilleri, G. M., Deschamps, V., Vernay, M., Faure, P., Hercberg, S., Galan, P., & Kesse-Guyot, E. (2015). Validation of a Web-based, self-administered, non-consecutive-day dietary record tool against urinary biomarkers. *British Journal of Nutrition*, 113(6), 953-962. <https://doi.org/10.1017/S0007114515000057>
- Le Moullec, N., Deheeger, M., Hercberg, S., Preziosi, P., Monteiro, P., & Valeix, P. (1996). Validation du manuel-photos utilisé pour l'enquête alimentaire de l'étude SU. VI. MAX. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 31(3), 158-164.

- Lewis, J. R. (2018). The System Usability Scale : Past, Present, and Future. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 34(7), 577-590. <https://doi.org/10.1080/10447318.2018.1455307>
- Liao, Y., Intille, S. S., & Dunton, G. F. (2015). Using Ecological Momentary Assessment to Understand Where and With Whom Adults' Physical and Sedentary Activity Occur. *International Journal of Behavioral Medicine*, 22(1), 51-61. <https://doi.org/10.1007/s12529-014-9400-z>
- Liao, Y., Solomon, O., & Dunton, G. F. (2017). Does the Company of a Dog Influence Affective Response to Exercise? Using Ecological Momentary Assessment to Study Dog-Accompanied Physical Activity. *American Journal of Health Promotion*, 31(5), 388-390. <https://doi.org/10.1177/0890117116666947>
- Litt, M. D., Cooney, N. L., & Morse, P. (2000). Reactivity to alcohol-related stimuli in the laboratory and in the field: Predictors of craving in treated alcoholics. *Addiction*, 95(6), 889-900. <https://doi.org/10.1046/j.1360-0443.2000.9568896.x>
- Little, R. J. A. (1988). Missing-Data Adjustments in Large Surveys. *Journal of Business & Economic Statistics*, 6(3), 287-296. <https://doi.org/10.1080/07350015.1988.10509663>
- Maher, J. P., Rebar, A. L., & Dunton, G. F. (2018). Ecological Momentary Assessment Is a Feasible and Valid Methodological Tool to Measure Older Adults' Physical Activity and Sedentary Behavior. *Frontiers in Psychology*, 9, 1485. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01485>
- Manzar, M. D., BaHammam, A. S., Hameed, U. A., Spence, D. W., Pandi-Perumal, S. R., Moscovitch, A., & Streiner, D. L. (2018). Dimensionality of the Pittsburgh Sleep Quality Index : A systematic review. *Health and Quality of Life Outcomes*, 16(1), 89. <https://doi.org/10.1186/s12955-018-0915-x>
- McCallum, C., Rooksby, J., & Gray, C. M. (2018). Evaluating the Impact of Physical Activity Apps and Wearables : Interdisciplinary Review. *JMIR mHealth and uHealth*, 6(3), e58. <https://doi.org/10.2196/mhealth.9054>
- McDowell, C. P., Dishman, R. K., Gordon, B. R., & Herring, M. P. (2019). Physical Activity and Anxiety : A Systematic Review and Meta-analysis of Prospective Cohort Studies. *American Journal of Preventive Medicine*, 57(4), 545-556. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2019.05.012>
- McGregor, D. E., Carson, V., Palarea-Albaladejo, J., Dall, P. M., Tremblay, M. S., & Chastin, S. F. M. (2018). Compositional Analysis of the Associations between 24-h Movement Behaviours and Health Indicators among Adults and Older Adults from the Canadian Health Measure Survey. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(8), 1779. <https://doi.org/10.3390/ijerph15081779>
- Migueles, J. H., Cadenas-Sanchez, C., Ekelund, U., Delisle Nyström, C., Mora-Gonzalez, J., Löf, M., Labayen, I., Ruiz, J. R., & Ortega, F. B. (2017). Accelerometer Data Collection and Processing

- Criteria to Assess Physical Activity and Other Outcomes : A Systematic Review and Practical Considerations. *Sports Medicine*, 47(9), 1821-1845. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0716-0>
- Miguelles, J. H., Cadenas-Sanchez, C., Tudor-Locke, C., Löf, M., Esteban-Cornejo, I., Molina-Garcia, P., Mora-Gonzalez, J., Rodriguez-Ayllon, M., Garcia-Marmol, E., Ekelund, U., & Ortega, F. B. (2018). Comparability of published cut-points for the assessment of physical activity : Implications for data harmonization. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, sms.13356. <https://doi.org/10.1111/sms.13356>
- Miguelles, J. H., Rowlands, A. V., Huber, F., Sabia, S., & van Hees, V. T. (2019). GGIR : A Research Community–Driven Open Source R Package for Generating Physical Activity and Sleep Outcomes From Multi-Day Raw Accelerometer Data. *Journal for the Measurement of Physical Behaviour*, 2(3), 188-196. <https://doi.org/10.1123/jmpb.2018-0063>
- Moore, R. C., Swendsen, J., & Depp, C. A. (2017). Applications for self-administered mobile cognitive assessments in clinical research : A systematic review. *International Journal of Methods in Psychiatric Research*, 26(4), e1562. <https://doi.org/10.1002/mpr.1562>
- Mukhopadhyay, S. C. (2015). Wearable Sensors for Human Activity Monitoring : A Review. *IEEE Sensors Journal*, 15(3), 1321-1330. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2014.2370945>
- Murray, A. L., Brown, R., Zhu, X., Speyer, L. G., Yang, Y., Xiao, Z., Ribeaud, D., & Eisner, M. (2023). Prompt-level predictors of compliance in an ecological momentary assessment study of young adults' mental health. *Journal of Affective Disorders*, 322, 125-131. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2022.11.014>
- Nigg, C. R., Fuchs, R., Gerber, M., Jekauc, D., Koch, T., Krell-Roesch, J., Lippke, S., Mnich, C., Novak, B., Ju, Q., Sattler, M. C., Schmidt, S. C. E., Van Poppel, M., Reimers, A. K., Wagner, P., Woods, C., & Woll, A. (2020). Assessing physical activity through questionnaires – A consensus of best practices and future directions. *Psychology of Sport and Exercise*, 50, 101715. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2020.101715>
- Oja, P., Memon, A. R., Titze, S., Jurakic, D., Chen, S.-T., Shrestha, N., Em, S., Matolic, T., Vasankari, T., Heinonen, A., Grgic, J., Koski, P., Kokko, S., Kelly, P., Foster, C., Podnar, H., & Pedisic, Z. (2024). Health Benefits of Different Sports : A Systematic Review and Meta-Analysis of Longitudinal and Intervention Studies Including 2.6 Million Adult Participants. *Sports Medicine - Open*, 10(1), 46. <https://doi.org/10.1186/s40798-024-00692-x>
- Oppert, J.-M. (2016). Evaluation de la sédentarité et de l'activité physique. In *Traité de nutrition clinique à tous les âges de la vie* (p. p.723-732).

- Ottenstein, C., & Werner, L. (2022). Compliance in Ambulatory Assessment Studies : Investigating Study and Sample Characteristics as Predictors. *Assessment*, 29(8), 1765-1776. <https://doi.org/10.1177/10731911211032718>
- Pala, V., Reisch, L. A., & Lissner, L. (2019). Dietary Behaviour in Children, Adolescents and Families : The Eating Habits Questionnaire (EHQ). In K. Bammann, L. Lissner, I. Pigeot, & W. Ahrens (Éds.), *Instruments for Health Surveys in Children and Adolescents* (p. 103-133). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98857-3_6
- Paluch, A. E., Bajpai, S., Bassett, D. R., Carnethon, M. R., Ekelund, U., Evenson, K. R., Galuska, D. A., Jefferis, B. J., Kraus, W. E., Lee, I.-M., Matthews, C. E., Omura, J. D., Patel, A. V., Pieper, C. F., Rees-Punia, E., Dallmeier, D., Klenk, J., Whincup, P. H., Dooley, E. E., ... Fulton, J. E. (2022). Daily steps and all-cause mortality : A meta-analysis of 15 international cohorts. *The Lancet Public Health*, 7(3), e219-e228. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(21\)00302-9](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(21)00302-9)
- Pandey, A., Salahuddin, U., Garg, S., Ayers, C., Kulinski, J., Anand, V., Mayo, H., Kumbhani, D. J., De Lemos, J., & Berry, J. D. (2016). Continuous Dose-Response Association Between Sedentary Time and Risk for Cardiovascular Disease : A Meta-analysis. *JAMA Cardiology*, 1(5), 575. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2016.1567>
- Papini, N. M., Yang, C.-H., Do, B., Mason, T. B., & Lopez, N. V. (2020). External contexts and movement behaviors in ecological momentary assessment studies : A systematic review and future directions. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 16(1), 337-367. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2020.1858439>
- Pathak, L., Hernandez-Ramos, R., Rosales, K., Miramontes-Gomez, J., Garcia, F., Yip, V., Sudarshan, S., Cemballi, A. G., Lyles, C., & Aguilera, A. (2025). Using Social Media to Recruit a Diverse Sample of Participants for a Mobile Health (mHealth) Intervention to Increase Physical Activity : Exploratory Study. *JMIR mHealth and uHealth*, 13, e56329-e56329. <https://doi.org/10.2196/56329>
- Patterson, R., McNamara, E., Tainio, M., de Sá, T. H., Smith, A. D., Sharp, S. J., Edwards, P., Woodcock, J., Brage, S., & Wijndaele, K. (2018). Sedentary behaviour and risk of all-cause, cardiovascular and cancer mortality, and incident type 2 diabetes : A systematic review and dose response meta-analysis. *European Journal of Epidemiology*, 33(9), 811-829. <https://doi.org/10.1007/s10654-018-0380-1>
- Perski, O., Blandford, A., West, R., & Michie, S. (2017). Conceptualising engagement with digital behaviour change interventions : A systematic review using principles from critical interpretive synthesis. *Translational Behavioral Medicine*, 7(2), 254-267. <https://doi.org/10.1007/s13142-016-0453-1>

- Pettee Gabriel, K. K., Morrow, J. R., & Woolsey, A.-L. T. (2012). Framework for Physical Activity as a Complex and Multidimensional Behavior. *Journal of Physical Activity and Health*, 9(s1), S11-S18. <https://doi.org/10.1123/jpah.9.s1.s11>
- Pinto, A. J., Bergouignan, A., Dempsey, P. C., Roschel, H., Owen, N., Gualano, B., & Dunstan, D. W. (2023). Physiology of sedentary behavior. *Physiological Reviews*, 103(4), 2561-2622. <https://doi.org/10.1152/physrev.00022.2022>
- Prince, S. A., Adamo, K. B., Hamel, M., Hardt, J., Connor Gorber, S., & Tremblay, M. (2008). A comparison of direct versus self-report measures for assessing physical activity in adults : A systematic review. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 5(1), 56. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-5-56>
- Ramji, R., Carlson, E., Kottorp, A., Shleev, S., Awad, E., & Rämngård, M. (2020). Development and evaluation of a physical activity intervention informed by participatory research- a feasibility study. *BMC Public Health*, 20(1), 112. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-8202-2>
- Raynaud, É., Roussel, P., Bendekkiche, H., & Pénicaud, É. (2022). Femmes et hommes, l'égalité en question. *Insee Références*.
- Reach, G. (2015). *The Mental Mechanisms of Patient Adherence to Long-Term Therapies : Mind and Care* (Vol. 118). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-12265-6>
- Reach, G. (2023). How is Patient Adherence Possible? A Novel Mechanistic Model of Adherence Based on Humanities. *Patient Preference and Adherence, Volume 17*, 1705-1720. <https://doi.org/10.2147/PPA.S419277>
- Reichert, M., Giurgiu, M., Koch, E. D., Wieland, L. M., Lautenbach, S., Neubauer, A. B., Von Haaren-Mack, B., Schilling, R., Timm, I., Notthoff, N., Marzi, I., Hill, H., Brüßler, S., Eckert, T., Fiedler, J., Burchartz, A., Anedda, B., Wunsch, K., Gerber, M., ... Liao, Y. (2020). Ambulatory assessment for physical activity research : State of the science, best practices and future directions. *Psychology of Sport and Exercise*, 50, 101742. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2020.101742>
- Rennie, K. L., & Wareham, N. J. (1998). The validation of physical activity instruments for measuring energy expenditure : Problems and pitfalls. *Public Health Nutrition*, 1(4), 265-271. <https://doi.org/10.1079/PHN19980043>
- Roberts, H., McEachan, R., Margary, T., Conner, M., & Kellar, I. (2018). Identifying Effective Behavior Change Techniques in Built Environment Interventions to Increase Use of Green Space : A Systematic Review. *Environment and Behavior*, 50(1), 28-55. <https://doi.org/10.1177/0013916516681391>

- Rosenberger, M. E., Fulton, J. E., Buman, M. P., Troiano, R. P., Grandner, M. A., Buchner, D. M., & Haskell, W. L. (2019). The 24-Hour Activity Cycle : A New Paradigm for Physical Activity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 51(3), 454-464. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001811>
- Rubino, F., Cummings, D. E., Eckel, R. H., Cohen, R. V., Wilding, J. P. H., Brown, W. A., Stanford, F. C., Batterham, R. L., Farooqi, I. S., Farpour-Lambert, N. J., le Roux, C. W., Sattar, N., Baur, L. A., Morrison, K. M., Misra, A., Kadowaki, T., Tham, K. W., Sumithran, P., Garvey, W. T., ... Mingrone, G. (2025). Definition and diagnostic criteria of clinical obesity. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, 13(3), 221-262. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(24\)00316-4](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(24)00316-4)
- Sanchez-Lastra, M. A., Del Pozo Cruz, B., Ekelund, U., Tarp, J., & Ding, D. (2025). Physical Activity and Life Expectancy Free of Cancer : Prospective Evidence From the UK Biobank Study. *Journal of Physical Activity and Health*, 1-4. <https://doi.org/10.1123/jpah.2024-0390>
- Schultchen, D., Reichenberger, J., Mittl, T., Weh, T. R. M., Smyth, J. M., Blechert, J., & Pollatos, O. (2019). Bidirectional relationship of stress and affect with physical activity and healthy eating. *British Journal of Health Psychology*, 24(2), 315-333. <https://doi.org/10.1111/bjhp.12355>
- Serres, M. (2012). *Petite poucette* (Vol. 125). Le pommier Paris.
- Shephard, R. J. (2003). Limits to the measurement of habitual physical activity by questionnaires. *British Journal of Sports Medicine*, 37(>3), 197-206. <https://doi.org/10.1136/bjsm.37.3.197>
- Shi, J., Liang, Z., Zhang, X., Ren, S., Cheng, Y., Liu, Y., & Zhang, M. (2023). Association of physical activity and dietary inflammatory index with overweight/obesity in US adults : NHANES 2007–2018. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 28(0), 40-40. <https://doi.org/10.1265/ehpm.23-00016>
- Shiffman, S., Stone, A. A., & Hufford, M. R. (2008). Ecological Momentary Assessment. *Annual Review of Clinical Psychology*, 4(1), 1-32. <https://doi.org/10.1146/annurev.clinpsy.3.022806.091415>
- Silveira, E. A., Mendonça, C. R., Delpino, F. M., Elias Souza, G. V., Pereira De Souza Rosa, L., De Oliveira, C., & Noll, M. (2022). Sedentary behavior, physical inactivity, abdominal obesity and obesity in adults and older adults : A systematic review and meta-analysis. *Clinical Nutrition ESPEN*, 50, 63-73. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2022.06.001>
- Spook, J. E., Paulussen, T., Kok, G., & Van Empelen, P. (2013). Monitoring Dietary Intake and Physical Activity Electronically : Feasibility, Usability, and Ecological Validity of a Mobile-Based Ecological Momentary Assessment Tool. *Journal of Medical Internet Research*, 15(9), e214. <https://doi.org/10.2196/jmir.2617>
- Stamatakis, E., Gale, J., Bauman, A., Ekelund, U., Hamer, M., & Ding, D. (2019). Sitting Time, Physical Activity, and Risk of Mortality in Adults. *Journal of the American College of Cardiology*, 73(16), 2062-2072. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2019.02.031>

- Stephens, S. K., Cobiac, L. J., & Veerman, J. L. (2014). Improving diet and physical activity to reduce population prevalence of overweight and obesity : An overview of current evidence. *Preventive Medicine*, 62, 167-178. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2014.02.008>
- Steyer, R., Schwenkmezger, P., Notz, P., & Eid, M. (1997). Der Mehrdimensionale Befindlichkeitsfragebogen MDBF [multidimensional mood questionnaire]. *Göttingen, Germany: Hogrefe*.
- Stone, A. A., & Shiffman, S. (1994). Ecological Momentary Assessment (Ema) in Behavioral Medicine. *Annals of Behavioral Medicine*, 16(3), 199-202. <https://doi.org/10.1093/abm/16.3.199>
- Strain, T., Wijndaele, K., Garcia, L., Cowan, M., Guthold, R., Brage, S., & Bull, F. C. (2020). Levels of domain-specific physical activity at work, in the household, for travel and for leisure among 327 789 adults from 104 countries. *British Journal of Sports Medicine*, 54(24), 1488-1497. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102601>
- Strath, S. J., Kaminsky, L. A., Ainsworth, B. E., Ekelund, U., Freedson, P. S., Gary, R. A., Richardson, C. R., Smith, D. T., & Swartz, A. M. (2013). Guide to the Assessment of Physical Activity : Clinical and Research Applications: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*, 128(20), 2259-2279. <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000435708.67487.da>
- Suling, M., Hebestreit, A., Peplies, J., Bammann, K., Nappo, A., Eiben, G., Alvira, J. M. F., Verbestel, V., Kovács, É., Pitsiladis, Y. P., Veidebaum, T., Hadjigeorgiou, C., Knof, K., Ahrens, W., & on behalf of the IDEFICS Consortium. (2011). Design and results of the pretest of the IDEFICS study. *International Journal of Obesity*, 35(S1), S30-S44. <https://doi.org/10.1038/ijo.2011.33>
- Sun, J., Rhemtulla, M., & Vazire, S. (2021). Eavesdropping on Missing Data : What Are University Students Doing When They Miss Experience Sampling Reports? *Personality and Social Psychology Bulletin*, 47(11), 1535-1549. <https://doi.org/10.1177/0146167220964639>
- Tonkin, S., Gass, J., Wray, J., Maguin, E., Mahoney, M., Colder, C., Tiffany, S., & Hawk Jr, L. W. (2023). Evaluating Declines in Compliance With Ecological Momentary Assessment in Longitudinal Health Behavior Research : Analyses From a Clinical Trial. *Journal of Medical Internet Research*, 25, e43826. <https://doi.org/10.2196/43826>
- Topp, C. W., Østergaard, S. D., Søndergaard, S., & Bech, P. (2015). The WHO-5 Well-Being Index : A Systematic Review of the Literature. *Psychotherapy and Psychosomatics*, 84(3), 167-176. <https://doi.org/10.1159/000376585>
- Tremblay, M. S., Aubert, S., Barnes, J. D., Saunders, T. J., Carson, V., Latimer-Cheung, A. E., Chastin, S. F. M., Altenburg, T. M., & Chinapaw, M. J. M. (2017). Sedentary Behavior Research Network (SBRN) – Terminology Consensus Project process and outcome on behalf of SBRN Terminology Consensus Project Participants. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 14(1), 75. <https://doi.org/10.1186/s12966-017-0525-8>

- Tremblay, M. S., Carson, V., Chaput, J.-P., Connor Gorber, S., Dinh, T., Duggan, M., Faulkner, G., Gray, C. E., Gruber, R., Janson, K., Janssen, I., Katzmarzyk, P. T., Kho, M. E., Latimer-Cheung, A. E., LeBlanc, C., Okely, A. D., Olds, T., Pate, R. R., Phillips, A., ... Zehr, L. (2016). Canadian 24-Hour Movement Guidelines for Children and Youth : An Integration of Physical Activity, Sedentary Behaviour, and Sleep. *Appl Physiol Nutr Metab*, 41(6 (Suppl. 3)), S311-S327. <https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0151>
- Trost, S. G., Mciver, K. L., & Pate, R. R. (2005). Conducting Accelerometer-Based Activity Assessments in Field-Based Research. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(11), S531-S543. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000185657.86065.98>
- Tucker, P., & Gilliland, J. (2007). The effect of season and weather on physical activity : A systematic review. *Public Health*, 121(12), 909-922. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2007.04.009>
- Tudor-Locke, C., Barreira, T. V., & Schuna, J. M. (2015). Comparison of Step Outputs for Waist and Wrist Accelerometer Attachment Sites. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 47(4), 839-842. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000476>
- Ullrich, A., Baumann, S., Voigt, L., John, U., & Ulbricht, S. (2021). Measurement Reactivity of Accelerometer-Based Sedentary Behavior and Physical Activity in 2 Assessment Periods. *Journal of Physical Activity and Health*, 18(2), 185-191. <https://doi.org/10.1123/jpah.2020-0331>
- Van Hees, V. T., Gorzelniak, L., Dean León, E. C., Eder, M., Pias, M., Taherian, S., Ekelund, U., Renström, F., Franks, P. W., Horsch, A., & Brage, S. (2013). Separating Movement and Gravity Components in an Acceleration Signal and Implications for the Assessment of Human Daily Physical Activity. *PLoS ONE*, 8(4), e61691. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061691>
- Van Hees, V. T., Sloopmaker, S. M., De Groot, G., Van Mechelen, W., & Van Lummel, R. C. (2009). Reproducibility of a Triaxial Seismic Accelerometer (DynaPort). *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(4), 810-817. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818ff636>
- Vanhelst, J. (2019). Quantification de l'activité physique par l'accélérométrie. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*, 67(2), 126-134. <https://doi.org/10.1016/j.respe.2018.10.010>
- van Poppel, M. N. M., Chinapaw, M. J. M., Mokkink, L. B., van Mechelen, W., & Terwee, C. B. (2010). Physical Activity Questionnaires for Adults : A Systematic Review of Measurement Properties. *Sports Medicine*, 40(7), 565-600. <https://doi.org/10.2165/11531930-000000000-00000>
- Verdot, C., Salanave, B., Aubert, S., Ramirez Varela, A., & Deschamps, V. (2022). Prevalence of Physical Activity and Sedentary Behaviors in the French Population : Results and Evolution between Two Cross-Sectional Population-Based Studies, 2006 and 2016. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(4), 2164. <https://doi.org/10.3390/ijerph19042164>

- Vetrovsky, T., Omcirk, D., Malecek, J., Stastny, P., Steffl, M., & Tufano, J. J. (2021). Morning fatigue and structured exercise interact to affect non-exercise physical activity of fit and healthy older adults. *BMC Geriatrics*, 21(1), 179. <https://doi.org/10.1186/s12877-021-02131-y>
- Vuillemin, A., Speyer, E., Simon, C., Ainsworth, B., & Paineau, D. (2012). Revue critique des questionnaires d'activité physique administrés en population française et perspectives de développement. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 47(5), 234-241. <https://doi.org/10.1016/j.cnd.2012.04.002>
- Waddell, A., Birkett, S., Broom, D., McGregor, G., & Harwood, A. E. (2024). Validating the Fitbit Charge 4© wearable activity monitor for use in physical activity interventions. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 27(5), 314-318. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2024.01.007>
- Wang, M. L., Narcisse, M., & McElfish, P. A. (2023). Higher walkability associated with increased physical activity and reduced obesity among United States adults. *Obesity*, 31(2), 553-564. <https://doi.org/10.1002/oby.23634>
- Wang, Q., Markopoulos, P., Yu, B., Chen, W., & Timmermans, A. (2017). Interactive wearable systems for upper body rehabilitation : A systematic review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 14(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s12984-017-0229-y>
- Wang, S., Yang, C.-H., Brown, D., Cheng, A., & Kwan, M. Y. W. (2025). Participant Compliance With Ecological Momentary Assessment in Movement Behavior Research Among Adolescents and Emerging Adults : Systematic Review. *JMIR mHealth and uHealth*, 13, e52887. <https://doi.org/10.2196/52887>
- Ware, J. E., Kosinski, M., Institute, N. E. M. C. H. H., & Keller, S. D. (1994). *SF-36 Physical and Mental Health Summary Scales : A User's Manual*. Health Institute, New England Medical Center. <https://books.google.fr/books?id=UQDKDAEACAAJ>
- Ware, J. E., & Sherbourne, C. D. (1992). The MOS 36-Item Short-Form Health Survey (SF-36) : I. Conceptual Framework and Item Selection. *Medical Care*, 30(6), 473-483. <https://doi.org/10.1097/00005650-199206000-00002>
- Warren, J. M., Ekelund, U., Besson, H., Mezzani, A., Geladas, N., & Vanhees, L. (2010). Assessment of physical activity – a review of methodologies with reference to epidemiological research : A report of the exercise physiology section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 17(2), 127-139. <https://doi.org/10.1097/HJR.0b013e32832ed875>
- Welk, G. (2002). *Physical activity assessments for health-related research*. Human Kinetics. <https://books.google.fr/books?id=O9-vt1CZJp8C>
- Wen, C. K. F., Schneider, S., Stone, A. A., & Spruijt-Metz, D. (2017). Compliance With Mobile Ecological Momentary Assessment Protocols in Children and Adolescents : A Systematic Review and

- Meta-Analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 19(4), e132.
<https://doi.org/10.2196/jmir.6641>
- Wickström, G., & Bendix, T. (2000). Commentary. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 26(4), 363-367. <https://doi.org/10.5271/sjweh.555>
- Wilhelm, P., & Schoebi, D. (2007). Assessing Mood in Daily Life. *European Journal of Psychological Assessment*, 23(4), 258-267. <https://doi.org/10.1027/1015-5759.23.4.258>
- Willems, I., Verbestel, V., Dumuid, D., Calders, P., Lapauw, B., & De Craemer, M. (2024). A comparative analysis of 24-hour movement behaviors features using different accelerometer metrics in adults : Implications for guideline compliance and associations with cardiometabolic health. *PLOS ONE*, 19(9), e0309931. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0309931>
- Williams, M. T., Lewthwaite, H., Fraysse, F., Gajewska, A., Ignatavicius, J., & Ferrar, K. (2021). Compliance With Mobile Ecological Momentary Assessment of Self-Reported Health-Related Behaviors and Psychological Constructs in Adults : Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 23(3), e17023. <https://doi.org/10.2196/17023>
- World Health Organization. (2000). Obesity : Preventing and managing the global epidemic. *World Health Organization technical report series*, 894, 1-253.
- World Health Organization. (2009). *Global health risks : Mortality and burden of disease attributable to selected major risks*. World Health Organization.
- World Health Organization. (2020). *Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour*. Geneva, Switzerland : World Health Organization; 2020.
- World Health Organization. (2022). *World mental health report : Transforming mental health for all*. World Health Organization.
- Wrzus, C., & Neubauer, A. B. (2023). Ecological Momentary Assessment : A Meta-Analysis on Designs, Samples, and Compliance Across Research Fields. *Assessment*, 30(3), 825-846. <https://doi.org/10.1177/10731911211067538>
- Xu, Y.-Y., Xie, J., Yin, H., Yang, F.-F., Ma, C.-M., Yang, B.-Y., Wan, R., Guo, B., Chen, L.-D., & Li, S.-L. (2022). The Global Burden of Disease attributable to low physical activity and its trends from 1990 to 2019 : An analysis of the Global Burden of Disease study. *Frontiers in Public Health*, 10, 1018866. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1018866>
- Yang, Y., Dixon-Suen, S. C., Dugué, P.-A., Hodge, A. M., Lynch, B. M., & English, D. R. (2022). Physical activity and sedentary behaviour over adulthood in relation to all-cause and cause-specific mortality : A systematic review of analytic strategies and study findings. *International Journal of Epidemiology*, 51(2), 641-667. <https://doi.org/10.1093/ije/dyab181>

- Yao, L., Yang, Y., Wang, Z., Pan, X., & Xu, L. (2023). Compliance with ecological momentary assessment programmes in the elderly : A systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*, 13(7), e069523. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-069523>
- Yin, M., Xu, K., Deng, J., Deng, S., Chen, Z., Zhang, B., Zhong, Y., Li, H., Zhang, X., Toledo, M. J. L., Diaz, K. M., & Li, Y. (2024). Optimal Frequency of Interrupting Prolonged Sitting for Cardiometabolic Health : A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Crossover Trials. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 34(12), e14769. <https://doi.org/10.1111/sms.14769>
- Zhou, L., Bao, J., Setiawan, I. M. A., Saptono, A., & Parmanto, B. (2019). The mHealth App Usability Questionnaire (MAUQ) : Development and Validation Study. *JMIR mHealth and uHealth*, 7(4), e11500. <https://doi.org/10.2196/11500>
- Zieseimer, K., König, L. M., Boushey, C. J., Villinger, K., Wahl, D. R., Butscher, S., Müller, J., Reiterer, H., Schupp, H. T., & Renner, B. (2020). Occurrence of and Reasons for “Missing Events” in Mobile Dietary Assessments : Results From Three Event-Based Ecological Momentary Assessment Studies. *JMIR mHealth and uHealth*, 8(10), e15430. <https://doi.org/10.2196/15430>

Annexes

Annexe 1 – Tableau résumant les principaux questionnaires de mesure de l'AP.

Issu de Strath et al. (2013).

Instrument	Number of Items	Administration Mode	Summary Score Unit	Dimensions Assessed*	Domains Assessed†	Setting	Population	Key References
Global								
Exercise Vital Sign	2	Self	min/wk	5	2	Clinic	Adults	26
EPIC PAQ	4	Self	min/wk, MET·h ⁻¹ ·wk ⁻¹	1, 3, 4	2, 3, 4	Community	Adults	27, 28
Godin Leisure Time Exercise	4	Self	Total leisure activity score	1, 2, 3	3	Worksite, community	Adults, men, women, white, black, Asian, Latino, MS patients	23, 29–33
Lipid Research Clinics	4	Self, interviewer	Activity score	5	3, 4	Community	Adults, older adults, men, women, white	23, 34–37
Minnesota Heart Health	4	Self	5- Point score	4	3	Community	Adults, men, women, white	23, 37, 38
Physical Activity Vital Sign	2	Self, interviewer	min/wk	5	2	Clinic	Adults	39
Rapid Assessment of Physical Activity	7 (9)	Self, telephone	Active score	5	2	Clinic, community	Older adults	40, 41
Stanford Usual PAQ	11	Interviewer	Activity score	2	3	Community	Adults, older adults, men, women, white	23, 34, 42
Short recall								
ARIC-Baecke	16	Self	Work index, nonsport leisure, total score	2, 3	3, 4	Community	Adults, men, women, white	35, 37, 43
Aerobic Center Longitudinal Study	15	Self	PA index from total energy expenditure in kcal/wk	1, 2, 3, 4	3, 6	Community	Men, adults, older adults, white	44
BRFSS, 2001	Varies	Telephone interviewer	Continuous or categorical score; min/wk	1, 2, 3, 5	1, 3, 5, 6	Community	Men, women, adults, white, black, Hispanic	45–48
CARDIA	60	Self	Weighted frequency	2, 3	3, 4	Community	Adults, men, women, white	23, 37, 38
CHAMPS	33	Self	Activity scores, MET·min ⁻¹ ·wk ⁻¹ , kcal/wk	1, 2, 3, 4	3	Community	Older adults, white, men, women	49, 50
Global PAQ	16	Interviewer	Continuous or categorical score; MET·min ⁻¹ ·wk ⁻¹	2, 3, 4, 5	1, 2, 3, 4, 5	Community	Adults	51
International PAQ short	4	Telephone interviewer, self	Continuous or categorical score; MET·min ⁻¹ ·wk ⁻¹	1, 2, 3, 6	3, 4, 5, 6	Community	Adults, men, women, older adults, white, Chinese, Japanese, Latino, Hispanic, black	52, 53
International PAQ long	27	Telephone interviewer, self	Continuous or categorical score; MET·min ⁻¹ ·wk ⁻¹	1, 2, 3, 6	3, 4, 5, 6	Community	Adults, adolescents, men, women, white, Chinese, Japanese, Latino, Hispanic, black	52

(Continued)

Instrument	Number of Items	Administration Mode	Summary Score Unit	Dimensions Assessed*	Domains Assessed†	Setting	Population	Key References
Kaiser PAQ (KPAS)	75	Interviewer, self	Activity index (1–5), total activity index	2, 3, 4	2, 3, 4, 6	Community	Adults, women, pregnant women, white	54, 55
LOPAR	32	Interviewer	MET·h ⁻¹ ·wk ⁻¹	1, 2, 3	3, 4, 6	Clinic	Adults	56
Pregnancy PAQ		Self	MET·h ⁻¹ ·wk ⁻¹	2, 3	3, 4, 5, 6	Community	Pregnant women, white, black, Hispanic	57
Seven-day PA Recall	4–8	Interviewer	MET·min ⁻¹ ·wk ⁻¹ , MET·h ⁻¹ ·wk ⁻¹	1, 2, 3	3, 4	Community, clinic	Adults, older adults, children, adolescents, men, women, black, Asian, Hispanic	23, 34, 37
Yale PAQ (YPAS)	25	Interviewer	Activity index (kcal/wk), total time index (h/wk), summary index	1, 2, 3, 6	1, 3, 6	Clinic	Older adults, adults, men, women, white	34, 58, 59
Quantitative history								
Friedrich Lifetime Leisure	Varies	Interviewer	MET·h ⁻¹ ·wk ⁻¹ , day, month, year	1, 2, 3	3, 4, 6	Recovery group	Adults, older adults, women, white, Asian	60
Minnesota LTPA	63	Interviewer	Total metabolic activity index	4	3, 6	Community, military	Older adults, adults, men, women, white, Spanish, black	34, 35, 43, 58, 61–65
Modifiable Activity Questionnaire	Varies	Interviewer, self	h/wk, MET·h ⁻¹ ·wk ⁻¹	2, 3, 4	3, 4	Community	Adults, men, women, Native American, white, Iranian	66–70
Tecumseh Self-Administered Occupational PAQ	29	Self	Work activity units, transportation activity units, walking, bicycling, stair activity units	6	4	Community	Adults, men, women, white, black	23, 37, 43, 61

Physical activity questionnaires represent a listing of commonly used measures; this does not represent an exhaustive list.

ARIC indicates Atherosclerosis Risk in Communities; BRFSS, Behavioral Risk Factor Surveillance Survey; CARDIA, Cardiovascular Risk Development in Young Adults; CHAMPS, Community Healthy Activities Model Program for Seniors; EPIC, European Prospective Investigation Into Cancer and Nutrition; KPAS, Kaiser Physical Activity Survey; LOPAR, Low-level physical activity recall; LTPA, leisure-time physical activity; MET, metabolic equivalent; MS, multiple sclerosis; PA, physical activity; PAQ, physical activity questionnaire; and YPAS, Yale Physical Activity Survey.

*Dimensions assessed: 1=intensity, 2=frequency, 3=duration, 4=total physical activity, 5=meeting physical activity guidelines, and 6=energy expenditure.

†Domains assessed: 1=walking, 2=lifestyle, 3=leisure time, 4=occupational, 5=transportation, and 6=household.

Annexe 2 – Article sur les profils d'AP dans la population adulte

Annexe non accessible dans sa forme originale, se référer au lien suivant : <https://hal.science/hal-05384074v1>.

Annexe 3 – Article présentant le travail réalisé sur l’acceptabilité des appareils accélérométriques dans une cohorte

Cette annexe présente une étude réalisée sur l’acceptabilité des accéléromètres, utilisant les données des participants français de l’étude WEALTH, ainsi qu’un questionnaire additionnel envoyé aux participants français de l’étude.

L’article est soumis au Journal of Medical Internet Research Formative Research est présenté ci-dessous.

**Enhancing physical activity assessment using body-worn accelerometer
devices for a French large cohort**

Abdouramane Soumare¹, Léopold K Fezeu¹, Jérôme Bouchan¹, Fabienne Delestre², Alice
Bellicha¹, Greet Cardon³, Alan Donnelly⁴, Antje Hebestreit⁵, Mathilde Touvier¹, Jean-Michel
Oppert^{1-2#}, Jérémy Vanhelst^{1#}

Equal contribution

¹Université Sorbonne Paris Nord and Université Paris Cité, INSERM, INRAE, CNAM, Center
of Research in Epidemiology and Statistics (CRESS), Nutritional Epidemiology Research
Team (EREN), F-93017 Bobigny, France.

²Department of Nutrition, Human Nutrition Research Center Ile-de-France (CRNH IdF), Pitié-
Salpêtrière Hospital (AP-HP), Sorbonne University, Paris, France.

³Department of Movement and Sports Sciences, Ghent University, Ghent, Belgium.

⁴Health Research Institute, University of Limerick, Limerick, Ireland.

⁵Leibniz Institute for Prevention Research and Epidemiology-BIPS, Bremen, Germany.

Address correspondence to:

Jérémy Vanhelst, PhD, HDR
Equipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle (EREN)
UMR U1153 Inserm / U1125 Inrae / Cnam / Université Sorbonne Paris Nord
Centre de Recherche en Epidémiologie et Statistiques - Université Paris Cité (CRESS)
74 rue Marcel Cachin,
F-93017 Bobigny Cedex France
E-mail: jeremy.vanhelst@eren.smbh.univ-paris13.fr

ABSTRACT

Background: Accurate assessment of physical activity (PA) in large cohorts remains a significant challenge. The main aim of this study was to assess the acceptability of using three body-worn accelerometer devices in a subsample of the NutriNet-Santé cohort. The secondary aim was to assess the feasibility of using these three devices in large cohort studies.

Methods: This study relies on data collected in 2023-2024 in the framework of the WEALTH (Wearable Sensors for the Assessment of Physical and Eating Behaviors) project, which involves data from participants in the NutriNet-Santé study. The sample included 126 healthy participants (62 men, 64 women), with a mean age of 46.3 ± 11.3 years. Participants wore three body-worn accelerometer devices (Fitbit®, ActivPAL®, ActiGraph®) for seven consecutive days. After the 7-day wear period, participants completed a specific 19-item online questionnaire, regarding their acceptability of using each device. This questionnaire was based on the Technology Acceptance Model (TAM), which identifies perceived usefulness and ease of use as key determinants of technology acceptance. Items were rated on a 5-point Likert scale (1 = strongly disagree to 5 = strongly agree). Feasibility was assessed based on the accelerometer wear time data reported in a log diary by participants.

Results: The acceptability assessment based on the questionnaire revealed significant differences among the three devices ($p < 0.0001$). The Fitbit® achieved the highest acceptability score ($80.5/100 \pm 8.13$) across most criteria such as comfort, ease of use, and social acceptability, while the ActiGraph® received the lowest score (71.7 ± 8.68), mainly due to challenges with stability and interference during physical activity. In terms of feasibility, the three accelerometers demonstrated high compliance, with the ActivPAL® recording the highest daily wear time, followed by the Fitbit® and the ActiGraph® ($p < 0.0001$). All participants successfully completed a valid week (i.e., the number of valid days with valid data) for each device.

Conclusion: Results from our study showed that the Fitbit® watch is the most accepted device for measuring PA in free-living conditions in the NutriNet-Santé study. The large-scale use of such a device must now be evaluated in terms of logistics, cost, and data privacy.

Keywords: Accelerometer, acceptability, feasibility, cohort study, real-life measurement

INTRODUCTION

Physical activity (PA) is defined as any bodily movement produced by skeletal muscles that results in an energy expenditure higher than the resting state (1). Robust and consistent evidence supports that PA is a key determinant of health throughout the lifetime (2). PA is known to improve health and reduce the risk of a wide variety of chronic diseases such as cardiometabolic and respiratory diseases, obesity and some cancers (3). Conversely, physical inactivity, defined as not meeting public health PA guidelines, is recognized as the fourth leading risk factor for mortality worldwide (4).

In large epidemiological studies, measuring PA accurately and reliably remains a challenge. Questionnaires are the most commonly used tool in epidemiological studies because of their limited cost and burden (for short questionnaires) and the fact that they are relatively easy to administer on a large-scale (especially in web-cohorts) (5). However, self-reported PA methodologies have significant limitations, including recall and social desirability bias, which can lead to meaningful errors in estimating the duration and intensity of PA or attenuated associations with health endpoints (6,7). By comparison, body-worn accelerometers devices measure body segment accelerations (such as wrist, arm, waist, thigh, or ankle) and quantify PA in terms of gravity units or activity counts accumulated over time (10,11). As such, wearable sensors provide data with a high degree of transparency and harmonisation, allowing for comparability across different studies, populations and countries. High-resolution accelerometry data allows for complex analysis, such as development of PA patterns and performing compositional 24-hour activity analyses in order to associate health status, to monitor trends and to refine PA guidelines. Hence, accelerometry is considered a more accurate and reliable method for assessing PA in free-living conditions (10,11).

Many accelerometers are available in the health research domain. The most widely used are ActiGraph® and ActivPAL®, both devices are found to be reliable and valid for measuring PA and sedentary behavior (12–14). Recently, a new generation of devices like Fitbit® has emerged, showing a high popularity among the population due to their user-friendly handling, lower cost, and ability to track multiple metrics in real time (14–16). However, the limited access to raw data and algorithms for this device present an important challenge for researchers. Investigators must consider multiple factors to increase participant compliance in wearing the device. While validity and reliability are major factors, the acceptability and feasibility of accelerometer use are also key considerations in determining their potential use in large-scale cohort studies. By definition, acceptability refers to participants' willingness to wear and use the device (17). This

can be influenced by several parameters like comfort, ease of use, perceived usefulness, and social acceptability (18). It is crucial to understand the participants' preferences, barriers and facilitators of using body-worn sensors for ensuring long and seamless wear time of devices. Feasibility evaluates the practicality of using wearables devices in free living conditions. It encompasses several dimensions, including the cost of the devices, the difficulty of ensuring proper mounting, and the logistical requirements, such as meeting participants or sending instructions to explain how to use the device. While these factors are important, the main criterion considered is compliance, specifically the time recorded when the participant effectively wore the device. Indeed, this aspect is essential for obtaining valid and reliable data over long periods, which is necessary for observational studies.

Currently, there are no studies assessing the acceptability of wearables devices in middle-aged adults without chronic diseases. Most studies on the acceptability of PA measurement devices have been conducted using a mixed method and on specific populations such as the elderly (10,19), people with chronic diseases (20), or still in children and adolescents (21,22). Additionally, these studies also assessed the acceptability in the context of interventions aimed at modifying PA. Therefore, the aim of this study was to assess the acceptability and feasibility of using three body-worn accelerometer devices in healthy middle-aged adults of the French NutriNet-Santé cohort.

METHODS

Study design

The present study is an ancillary part of the European WEALTH (Wearable Sensors for the Assessment of Physical and Eating Behaviors) project, which enabled data collection using a standardised examination protocol including the standardised methodology for behaviour assessment (<https://info.etude-nutrinet-sante.fr/siteinfo/article/52>) (23) . The present study used data collected in France among participants of the NutriNet-Santé study. NutriNet-Santé is a web-based cohort launched in 2009 with the aim to investigate the associations between nutrition and health. As previously described elsewhere, participants aged >18 y with access to the Internet have been continuously recruited since 2009 among the general French population (24).

Individuals reporting chronic diseases, pregnant women, and participants who withdrew their consent before or during data collection did not fulfil eligibility criteria. Among the eligible population living in the region in and around Paris (Ile-de-France), 1,350 NutriNet-Santé participants were randomly selected after stratification by sex and age, and invited to participate in the study, resulting in a final sample of 156 participants.

This ancillary study is classified as research involving human person (RIPH2), interventional, except for health products, with minimal risk and constraints in accordance with Article L. 1121-1 of the Public Health Code. The aims and objectives were explained carefully to each participant. Written, informed consent was obtained from the participants. The WEALTH study and NutriNet-Santé study were approved by the French ethic committee and all procedures were conducted in accordance with the Declaration of Helsinki, and approved by the Institutional Review Board of the French Institute for Health and Medical Research (IRB INSERM #0000388FWA00005831) and by the National Commission on Informatics and Liberty (CNIL #908,450 and #909,216).

Procedures

During the WEALTH study, all French participants were invited to the Pitié Salpêtrière hospital (APHP, Paris) for an inclusion visit (2 hours). During this Investigators explained the appropriate use of the wearables devices to each participant. They were asked to wear three devices simultaneously for 7 consecutive days in free-living conditions. The Fitbit® watch (Charge5, San Francisco, CA, USA) was worn on the non-dominant wrist, the ActiGraph® (wGT3X-BT, Pensacola, FL, USA) on the right waist with an elastic belt, and the ActivPAL® (ActivPAL® 1 3 micro, PAL Technologies Ltd., Glasgow, UK) on the right thigh after being waterproofed in a nitrile sleeve. Participants also wore a LifeQ® enabled smartwatch (Skagen Designs Generation 6, Albertslund, Denmark) on dominant wrist. However, data from this device were not included in the present analysis. Participants were instructed to wear the accelerometers during both waking and sleeping hours, except for the ActiGraph® and ActivPAL®, which were instructed to be removed for water-based activities, contact sports, and overnight. Prior the measurement period, participants received an introduction, by investigators, to the wearables in a face to face session and they could ask any questions. Additionally, each participant also obtained written handling manuals to assist with the use and mounting of wearables devices. Last, participants had an access to a study center hotline for

support throughout the wear period. Additionally, participants were instructed to keep a log diary collecting when and why the devices (Fitbit[®], ActiGraph[®], ActivPAL[®]) were removed to assess wear and non-wear times. They were also informed about the specific purpose of each wearable device and the rationale to use these different devices simultaneously. The devices were collected after 7-day monitoring and the data were transferred from the device to a computer.

Measurements

Participants' characteristics

Anthropometric measurements were taken during the inclusion visit at Pitié Salpêtrière hospital. Weight and height were measured in light clothes, without shoes, using an electronic scale and a wall-mounted scale, respectively. The Body Mass Index (BMI) was calculated as weight (kg) divided by height² (m²). Nutritional status was assessed according to the WHO definitions: underweight (<18.5 kg/m²), normal weight (≥18.5 kg/m² and <25 kg/m²), overweight (≥25.0 kg/m² and <30 kg/m²), and obesity (≥30.0 kg/m²).

Acceptability questionnaire

After the 7-day wear period, participants completed a specific web-based questionnaire regarding their acceptance of using the three wearables. The 22-item acceptance questionnaire was adapted from previous studies (19,20) and based on the Technology Acceptance Model (TAM), which assesses the factors that determine an individual's acceptance of new technologies: perceived usefulness, perceived ease of use, external variables, attitude toward using, behavioral intention to use and actual system use (25). The questionnaire assessed the following dimensions: (i) comfort level; (ii) constraints and interferences in daily activities; changes in PA habits; (iii) ease of use; technical aspects; (iv) social acceptability; (v) satisfaction and long-term use intention. Participants rated each item on a 5-point Likert scale, indicating the extent to which they agreed with each statement, from 1 (strongly disagree) to 5 (strongly agree). Additionally, participants completed a ranking of the devices on their preferences for wearing them in future studies and also provided open-ended feedback on their experience with PA measurement technologies.

The questionnaire is available online (in French) at https://info.etude-nutrinet-sante.fr/upload/siteinfo/protected/Quest_Faisabilite_Acceptabilite.pdf.

Feasibility

Feasibility was assessed through participants' compliance with wearing the body-worn accelerometer devices, using data from the log diary. Participants were asked to record the time of all device removals and replacements during the consecutive 7-day period. Wear time for the three devices was calculated for each day by summing the durations noted in the log diary. Established accelerometer wear time criteria were used to calculate the number of valid days (defined as a day with wear time ≥ 600 minutes) for each device, as well as the number of valid weeks (defined as a week with at least 4 valid days) (12).

Statistical analysis

For the description of participants' characteristics, means and standard deviations were calculated for continuous variables, and number and percentage for categorical variables. For the acceptance questionnaire assessing the use of the activity tracker, the average score for each item was calculated. Total acceptability scores for each device were obtained by summing the scores from individual items, and were then compared using an ANOVA test with a significance level of $p < .05$. After checking for normality, the daily wear time of the three body-worn accelerometer devices (in minutes/d) was described using medians, and the 25th and 75th percentiles. The median wear time for these three devices over the 7-day period were calculated and compared using a Kruskal Wallis test, with a significance level of $p < .05$. All analyses were performed in SAS[®] 9.4 software.

RESULTS

Characteristics of participants

Among the 156 participants, 150 had valid data on wear time for all three wearables devices. Of these, 130 completed the acceptance questionnaire, with 126 providing complete data for analysis. The characteristics of the included participants are described in Table 1. The study sample consisted of 126 adults (62 men, 64 women), with an average age of 46.3 ± 11.3 years.

Additionally, 52.4% of participants reported having prior experience with body-worn accelerometer devices.

Table 1 about here

Acceptability

Evaluation of the three devices using the acceptability questionnaire revealed a significant overall difference in scores ($p < 0.0001$). Pairwise comparisons also showed differences, with the Fitbit® obtaining the highest score (80.5 ± 8.13 points) and the ActiGraph® (71.7 ± 8.68), the lowest (Table 2).

Table 2 about here

However, there was variability in scores according to the different concepts measured in the acceptance questionnaire (Table 3). The Fitbit® watch was perceived as the most comfortable to wear overall, followed by the ActivPAL® and then the ActiGraph®, despite the ActiGraph® obtaining the lowest scores for items related to skin conditions (items 2 and 3). For these same items, the ActiGraph® scored higher than the other devices, indicating that it caused fewer skin irritations.

Regarding the items related to constraints and interference with daily activities, all three devices obtained satisfying scores (above 3.6/5), although scores were slightly lower for interference with sleep (item 6). The ActiGraph® had the lowest scores on these criteria (items 5 to 8). Changes in PA habits (item 9) were most pronounced for the Fitbit® watch, which obtained the lowest score (3.71/5). All three devices received relatively high scores (4.32/5) for ease of use (item 10). However, the ActivPAL® and ActiGraph® had lower scores (2.70 and 2.65 respectively) compared to the Fitbit® (4.06/5) for understanding the device-wearing instructions (item 11).

Regarding social acceptability (items 14 to 17), the Fitbit® watch obtained higher scores than the other devices, while the ActiGraph® had the lowest scores, particularly for discretion (2.79)

and aesthetics (2.32). All three devices scored well on items related to overall satisfaction and intention to use in the long term in the NutriNet Santé study (items 18 and 19), with the Fitbit[®] watch and ActivPAL[®] showing the highest scores.

Table 3 about here

Table 4 summarizes the positive and prohibitive negative points most frequently cited by participants for each accelerometer. For the Fitbit[®] watch, which had the highest acceptability score, the most frequently mentioned positive aspect was its diverse functionalities (sleep tracking, physical behavior, and other parameters). In contrast, for the ActiGraph[®], the device with the lowest score, the most recurrent noted negative point was its instability during wear, particularly during sports activities.

Table 4 about here

Feasibility

The description and comparison of the wear time for each device (medians, 25th, and 75th centiles) over the 7-day wear period are provided in Table 5. A significative difference was found among the devices. Comparative analysis showed that the ActivPAL[®] had the greatest wear time, with a significant difference compared to both ActiGraph[®] ($p < 0.0001$) and Fitbit[®] ($p < 0.0001$). Pairwise comparisons also showed differences between ActivPAL[®] and Fitbit[®] ($p < 0.0001$). The Fitbit[®] also exhibited a higher wear time than the ActiGraph[®] ($p < 0.0001$). Overall, the ActivPAL[®] had a total of 1,049 valid days (person \times day), the Fitbit[®] accumulated 1,046 valid days (person \times day) and the ActiGraph[®], 1,006 valid days (person \times day). All participants validated the week of PA evaluation, *i.e.* achieving at least four valid days with a wear time of ≥ 600 minutes per day.

Table 5 about here

DISCUSSION

Principal findings

There is a pressing need to improve methods for assessing PA in large cohort studies. An important challenge is to identify the most suitable device by finding the optimal compromise between acceptability and feasibility for the participants. The aim of our study was to assess the feasibility and acceptability of using body-worn accelerometer devices (ActiGraph®, ActivPAL® and the Fitbit® watch) in a sub-sample of the NutriNet-Santé cohort for potential future implementation. In terms of acceptability and feasibility, our study suggests that the Fitbit® would be the most suitable device for measuring PA in free-living conditions in the framework of a large cohort such as the NutriNet-Santé study.

The three devices were perceived differently on the different dimensions of acceptability. The Fitbit® watch and ActivPAL® were rated the most comfortable overall, despite receiving lower scores for skin-related issues, whereas the ActiGraph® was evaluated more positively in terms of skin conditions. The Fitbit® watch was worn on the wrist, a familiar placement for such devices, which could explain why participants perceived it as the most comfortable. However, like the ActivPAL®, it requires direct skin contact, which can cause irritation or marks, a concern not shared by the ActiGraph® which can be worn over clothing. The most frequently reported negative aspect by participants regarding the Fitbit® watch is that it causes irritations and marks. These conditions may be due to the plastic or to specific materials of the wristband.

In terms of interference with daily activities, the high scores for all three devices indicate that they cause minimal disruption to participants' daily movement and life. However, participants rated the ActiGraph® lower score due to interference with wearing regular clothes, possibly due to the need for a fastening belt, which may not be suitable for all types of clothing. The impact on sleep may reflect the comfort level for the ActiGraph® and ActivPAL®, and the notifications and lights emitted by the Fitbit® watch which could disturb rest. Comfort level and interference with daily activities are key aspects that may influence participants' attitudes towards the devices ("Attitude Toward Using") and impact their intention for future use, as explained by the TAM. Even though notifications were sent only to participants' phones as part of this protocol, the Fitbit® watch received a valuable score for change in PA habits, which actually reflects its potential to influence behavior through real-time tracking and feedback that may encourage physical activity changes. Indeed, these features correspond to the most frequently cited positive aspect by participants about the Fitbit® watch, reflecting its Perceived Usefulness,

one of the two main determinants of acceptability according in the TAM (25). Similar findings have been observed in a study performed in adolescents, where devices with interactive features impacted positively PA behavior (26). However, there is no evidence supporting that this reactivity persist over time. A study on the reactivity of a pedometer with interactive feedback features worn for two weeks demonstrated that this reactivity lasts only about a week, and in the absence of intervention, habitual behaviors return during the second week, representing a more accurate estimate of habitual PA in adults (27). Therefore, we recommend measuring daily PA levels after one week of wearing such a device, using the first week as a priming phase. A second option is to consider a blinding procedure when feasible.

All three devices were perceived positively in terms of ease of use, although participants found the instructions for the ActivPAL[®] and ActiGraph[®] more complicated to understand. This suggests that the clarity of the instructions could be improved to enhance Perceived Ease of Use, another key determinant of acceptability in the TAM (25). In terms of social acceptability, the Fitbit[®] watch exhibited the highest score, while the ActiGraph[®] and ActivPAL[®] were noted less favorably, with the lowest scores for the ActiGraph[®], particularly in terms of aesthetics, discretion, and wearing in public. The differences observed between the ActiGraph[®] and ActivPAL[®] lie in the fact that the ActivPAL[®] tends to remain invisible under clothing during the winter season, unlike the ActiGraph[®] which is hard to miss if worn over clothing. These negatively judged aesthetic aspects may lead to a negative attitude of participants towards the devices “*Attitude Toward Using*”, which would unfavourably affect the intention for long-term use, according to the TAM (25).

Concerning feasibility, the results of our study showed that the ActivPAL[®] accelerometer had the highest compliance level, which is not surprising given that it is attached with waterproofed and adhesive dressing to the skin, of the thigh. This was followed by the Fitbit[®] watch and the ActiGraph[®]. A review also highlighted that the ActivPAL[®] demonstrated longer wear times compared to the ActiGraph[®], potentially due to differences in wear protocols and attachment methods (28). Indeed, the lower ranking of the ActiGraph[®] can be explained by its placement around the waist and its removal for certain daily activities, such as contact sports, high-impact activities and water-based activities (swimming, showering, bathing, etc.) due to its non-water resistance. Participants were also asked to remove this device during sleep periods (from bedtime to waking time), which could lead to a risk of forgetting to put it back on, thus affecting the data quality (29). The Fitbit[®] watch has a high compliance level compared to ActiGraph[®], likely due to its wrist placement and water resistance. Indeed, a study has shown that

compliance is higher for accelerometers worn on the wrist compared to waist (10). However, the Fitbit® watch needs to be removed at least once for recharging during a one-week assessment of daily PA. This might explain the lower compliance of this device compared to the ActivPAL® which has a battery life of over 7 days. Wearing an accelerometer on the wrist and ensuring it is waterproof enhance continuous use both day and night, improving overall compliance (29,30). In 2011, the NHANES study (USA) using the ActiGraph® accelerometer modified the data collection protocol, transitioning from waist-worn to wrist-worn to improve participant compliance and add sleep data (30). This change aligns with the increasing importance of recent studies investigating 24-hour movement (sedentary lifestyle, physical activity and sleep) and their combined effects on health (31–33). Several studies suggest that health outcomes are influenced by the balance among these three behaviors (31–35). These findings highlight the importance of technical characteristics like battery life, waterproofing, and placement for ensuring compliance in epidemiological studies. However, to reproduce such a protocol in a large cohort remains a challenge. Indeed, despite the higher compliance found for the ActivPAL®, this device requires in-person visits for proper placement, as it is attached to the skin using adhesive dressing, and its removal/replacement is more complex compared to other devices. These logistical and technical constraints contrast with the ActiGraph® and Fitbit®, which can be easily mailed to participants with instructions and self-applied, making it more practical for large-scale studies. Nonetheless, the observed compliance level for the three accelerometers is excellent, as they have only valid weeks (4 days with wear time ≥ 600 minutes per day), which is required to obtain valid measurements of PA in free-living conditions, as previously also reported in a review between ActiGraph® and ActivPAL® (28).

In summary, the results from our study indicate that the Fitbit® watch is the most accepted body-worn accelerometer devices by participants compared to the ActiGraph® and ActivPAL®. Its lower cost (159.95 €) compared to the other two devices (> 292 €) also makes it a favourable option for use in large-scale population studies. Thus, this tool represents the best compromise between acceptability and feasibility and may be a suitable alternative for a large web cohort, like the NutriNet-Santé study. Additionally, previous models of the Fitbit® watch have shown acceptable validity for assessing moderate to vigorous intensity PA ($r = 0.73$ compared to ActiGraph GT3X+) (36), sedentary behavior (ICC = 0.95% compared to ActivPAL®) (37), total daily energy expenditure ($r = 0.84$ compared to doubly labelled water in free-living conditions) (38), and sleep (sensitivity = 0.96; specificity = 0.61 compared to polysomnography) (39).

Limitations

Our study has several limitations that should be acknowledged. Firstly, wearing four devices simultaneously could have caused discomfort and make it difficult for participants to assess each sensor individually. Secondly, the study was conducted between September and February. Seasonal variations, particularly during summer, may affect participants' comfort and the discretion of devices, like the ActivPAL[®], which is typically worn under clothing. Third, although the ActiGraph[®] is now widely worn on the wrist in studies, we were unable to assess this placement, as participants were already wearing two wrist-based accelerometers (Fitbit[®] and LifeQ[®]), which may have influenced perceptions and comparability. Indeed, we could consider that the position of the device, rather than the device itself, may be a critical factor influencing our results (40). Fourth, since participation in the NutriNet-Santé cohort is voluntary, individuals tend to be healthier and have higher education levels compared to the general French population. Additionally, participants likely adhered better to the study methodology because they are active cohort involvement, which may lead to higher acceptance. Therefore, our results cannot be extrapolated to all populations. Lastly, other factors should also be considered including the validity and reliability of data collected from these different wearables devices, that could affect the findings.

Conclusion

Results from this study indicate that the Fitbit[®] watch appears the most accepted device to measure PA in free-living conditions in participants. The Fitbit[®] is also commercially available, which could facilitate broader participation by allowing individuals to contribute data from their personal devices. This accessibility could have a positive impact on the scalability of PA measurements in epidemiological studies. Additionally, this type of device may be suitable to measure PA over several weeks/months at different times throughout the year, providing valuable insights into seasonal variations in PA. However, it is crucial to address data privacy concerns to protect participants' personal information and ensure the accuracy of the physical activity data collected and analyzed by researchers.

Acknowledgments

We are grateful for the participation of the volunteers in France in this examination.

The authors also thank Selim Aloui (manager), Thi Hong Van Duong, Régis Gatibelza, Jagatjit Mohinder and Aladi Timera (computer scientists); Julien Allegre, Nathalie Arnault, Laurent

Bourhis, and Nicolas Dechamp (data-managers and statisticians); and Maria Gomes (participants' support) for their technical contribution to the NutriNet-Santé study, for their dedication and engagement to collect and manage the data used for this study, and for ensuring continuing communication with the cohort participants. This work only reflects the authors' views, and the funders are not responsible for any use that might be made of the information it contains. Researchers were independent from funders. The research question developed in this Article corresponds to a strong concern of the participants involved in the NutriNet-Santé cohort, and of the public in general. The results of the present study will be disseminated to the NutriNet-Santé participants through the cohort website and public seminars.

Conflicts of Interest

All authors declare no competing interest.

Abbreviations

PA: Physical activity; WEALTH: Wearable Sensors for the Assessment of Physical and Eating Behaviors; BMI: Body Mass Index; TAM: Technology Acceptance Model.

Data availability

The datasets used and/or analysed during the current study available from the corresponding author on reasonable request. Researchers from public institutions can submit a collaboration request including their institution and a brief description of the project to collaboration@etude-nutrinet-sante. All requests will be reviewed by the steering committee of the NutriNet-Santé study. A financial contribution may be requested. If the collaboration is accepted, a data access agreement will be necessary and appropriate authorizations from the competent administrative authorities may be needed. In accordance with existing regulations, no personal data will be accessible.

Funding

435 The WEALTH Project is funded by the Joint Programming Initiative (JPI) Healthy Diet for a
436 Healthy Life (HDHL), a research and innovation initiative of EU member states and associated
437 countries, under grant agreement No 727565, under STAMIFY (Standardised measurement,
438 monitoring and/or biomarkers to study food intake, physical activity and health). The funding
439 agencies supporting this work are (in alphabetical order of participating countries): Belgium:
440 Research Foundation – Flanders (FWO); Czechia: Ministry of Education, Youth and Sports
441 (MSMT); France: French National Research Agency (ANR); Germany: Federal Ministry of
442 Education and Research (BMBF); Ireland: Health Research Board (HRB).
443 Additionally, the NutriNet-Santé cohort study was supported by the following public
444 institutions: Ministère de la Santé, Santé Publique France, Institut National de la Santé et de la
445 Recherche Médicale (INSERM), Institut National de Recherche pour l’Agriculture,
446 l’Alimentation et l’Environnement (INRAE), Conservatoire National des Arts et Métiers
447 (CNAM) and Université Sorbonne Paris Nord. Study investigators are independent from the
448 funders. Funders had no role in the study design, the collection, analysis, and interpretation of
449 data, the writing of the manuscript, or the decision to submit the article for publication.

REFERENCES

1. Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical Activity, Exercise, and Physical Fitness: Definitions and Distinctions for Health-Related Research.
2. Varela AR, Pratt M, Harris J, Lecy J, Salvo D, Brownson RC, et al. Mapping the historical development of physical activity and health research: A structured literature review and citation network analysis. *Prev Med.* juin 2018;111:466-72.
3. Pedersen BK, Saltin B. Exercise as medicine - evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scand J Med Sci Sports.* déc 2015;25 Suppl 3:1-72.
4. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med.* déc 2020;54(24):1451-62.
5. Strath SJ, Kaminsky LA, Ainsworth BE, Ekelund U, Freedson PS, Gary RA, et al. Guide to the assessment of physical activity: Clinical and research applications: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 12 nov 2013;128(20):2259-79.
6. Shephard RJ. Limits to the measurement of habitual physical activity by questionnaires. *Br J Sports Med.* juin 2003;37(3):197-206; discussion 206.
7. Prince SA, Adamo KB, Hamel ME, Hardt J, Gorber SC, Tremblay M. A comparison of direct versus self-report measures for assessing physical activity in adults: a systematic review. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 6 nov 2008;5(1):56.
8. Vanhelst J. Quantification de l'activité physique par l'accélérométrie. *Rev D'Épidémiologie Santé Publique.* avr 2019;67(2):126-34.
9. Chen KY, Bassett DR. The Technology of Accelerometry-Based Activity Monitors: Current and Future. *Med Sci Sports Exerc.* nov 2005;37(11):S490-500.
10. Liu F, Wanigatunga AA, Schrack JA. Assessment of Physical Activity in Adults Using Wrist Accelerometers. *Epidemiol Rev.* 30 déc 2021;43(1):65-93.
11. Skender S, Ose J, Chang-Claude J, Paskow M, Brühmann B, Siegel EM, et al. Accelerometry and physical activity questionnaires - a systematic review. *BMC Public Health.* 16 juin 2016;16:515.
12. Migueles JH, Cadenas-Sanchez C, Ekelund U, Delisle Nyström C, Mora-Gonzalez J, Löf M, et al. Accelerometer Data Collection and Processing Criteria to Assess Physical

- Activity and Other Outcomes: A Systematic Review and Practical Considerations. Sports Med. sept 2017;47(9):1821-45.
13. Blackwood J, Suzuki R, Webster N, Karczewski H, Ziccardi T, Shah S. Use of activPAL to Measure Physical Activity in Community-Dwelling Older Adults: A Systematic Review. Arch Rehabil Res Clin Transl. juin 2022;4(2):100190.
14. Phillips SM, Summerbell C, Hobbs M, Hesketh KR, Saxena S, Muir C, et al. A systematic review of the validity, reliability, and feasibility of measurement tools used to assess the physical activity and sedentary behaviour of pre-school aged children. Int J Behav Nutr Phys Act. 4 nov 2021;18(1):141.
15. Irwin C, Gary R. Systematic Review of Fitbit Charge 2 Validation Studies for Exercise Tracking. Transl J Am Coll Sports Med. 2022;7(4):1-7.
16. Feehan LM, Geldman J, Sayre EC, Park C, Ezzat AM, Yoo JY, et al. Accuracy of Fitbit Devices: Systematic Review and Narrative Syntheses of Quantitative Data. JMIR MHealth UHealth. 9 août 2018;6(8):e10527.
17. Dillon A, Morris M. User Acceptance of Information Technology: Theories and Models. Annu Rev Inf Sci Technol. 1 janv 1996;31.
18. McCallum C, Rooksby J, Gray CM. Evaluating the Impact of Physical Activity Apps and Wearables: Interdisciplinary Review. JMIR MHealth UHealth. 23 mars 2018;6(3):e58.
19. Zhang Z, Giordani B, Margulis A, Chen W. Efficacy and acceptability of using wearable activity trackers in older adults living in retirement communities: a mixed method study. BMC Geriatr. déc 2022;22(1):231.
20. Mercer K, Giangregorio L, Schneider E, Chilana P, Li M, Grindrod K. Acceptance of Commercially Available Wearable Activity Trackers Among Adults Aged Over 50 and With Chronic Illness: A Mixed-Methods Evaluation. JMIR MHealth UHealth. 27 janv 2016;4(1):e7.
21. Creaser AV, Hall J, Costa S, Bingham DD, Clemes SA. Exploring Families' Acceptance of Wearable Activity Trackers: A Mixed-Methods Study. Int J Environ Res Public Health. 15 mars 2022;19(6):3472.
22. Clark ELM, Gulley LD, Hilkin AM, Rockette-Wagner B, Leach HJ, Lucas-Thompson RG, et al. Feasibility and Acceptability of Accelerometer Measurement of Physical Activity in Pregnant Adolescents. Int J Environ Res Public Health. mars 2021;18(5):2216.

- 515 23. Hayes G. Standardized Methods for Evaluating Physical and Eating Behaviours: The
516 Wearable Sensor Assessment of Physical and Eating Behaviours “WEALTH” Project.
- 517 24. Hercberg S, Castetbon K, Czernichow S, Malon A, Mejean C, Kesse E, et al. The
518 Nutrinet-Santé Study: a web-based prospective study on the relationship between
519 nutrition and health and determinants of dietary patterns and nutritional status. BMC
520 Public Health. 11 mai 2010;10:242.
- 521 25. Davis FD. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of
522 Information Technology. MIS Q. sept 1989;13(3):319.
- 523 26. Keevil VL, Cooper AJM, Wijndaele K, Luben R, Wareham NJ, Brage S, et al. Objective
524 Sedentary Time, Moderate-to-Vigorous Physical Activity, and Physical Capability in a
525 British Cohort. Med Sci Sports Exerc. mars 2016;48(3):421-9.
- 526 27. Clemes SA, Deans NK. Presence and duration of reactivity to pedometers in adults.
527 Med Sci Sports Exerc. juin 2012;44(6):1097-101.
- 528 28. Edwardson CL, Winkler EAH, Bodicoat DH, Yates T, Davies MJ, Dunstan DW, et al.
529 Considerations when using the activPAL monitor in field-based research with adult
530 populations. J Sport Health Sci. 1 juin 2017;6(2):162-78.
- 531 29. Hees VT van, Renström F, Wright A, Gradmark A, Catt M, Chen KY, et al. Estimation
532 of Daily Energy Expenditure in Pregnant and Non-Pregnant Women Using a Wrist-
533 Worn Tri-Axial Accelerometer. PLoS ONE [Internet]. 2011 [cité 18 juin 2024];6(7).
534 Disponible sur: [https://www.ncbi.nlm-nih-](https://www.ncbi.nlm.nih-gov.proxy.insermbiblio.inist.fr/pmc/articles/PMC3146494/)
535 [gov.proxy.insermbiblio.inist.fr/pmc/articles/PMC3146494/](https://www.ncbi.nlm.nih-gov.proxy.insermbiblio.inist.fr/pmc/articles/PMC3146494/)
- 536 30. Troiano RP, McClain JJ, Brychta RJ, Chen KY. Evolution of accelerometer methods
537 for physical activity research. Br J Sports Med. juill 2014;48(13):1019-23.
- 538 31. López-Gil JF, Tapia-Serrano MA, Sevil-Serrano J, Sánchez-Miguel PA, García-
539 Hermoso A. Are 24-hour movement recommendations associated with obesity-related
540 indicators in the young population? A meta-analysis. Obes Silver Spring Md. nov
541 2023;31(11):2727-39.
- 542 32. Riquelme R, Rezende LFM, Marques A, Drenowatz C, Ferrari G. Association between
543 24-h movement guidelines and cardiometabolic health in Chilean adults. Sci Rep. 6 avr
544 2022;12(1):5805.
- 545 33. Lin L, Liang W, Wang R, Rhodes RE, Liu H. Association of 24-hour movement
546 guideline adherence, mental health and quality of life in young adults: the role of e-
547 Health literacy. Front Public Health. 2024;12:1344718.

- 548 34. Janssen I, Clarke AE, Carson V, Chaput JP, Giangregorio LM, Kho ME, et al. A
549 systematic review of compositional data analysis studies examining associations
550 between sleep, sedentary behaviour, and physical activity with health outcomes in
551 adults. *Appl Physiol Nutr Metab Physiol Appl Nutr Metab.* oct 2020;45(10 (Suppl.
552 2)):S248-57.
- 553 35. Rollo S, Antsygina O, Tremblay MS. The whole day matters: Understanding 24-hour
554 movement guideline adherence and relationships with health indicators across the
555 lifespan. *J Sport Health Sci.* déc 2020;9(6):493-510.
- 556 36. Reid RER, Insogna JA, Carver TE, Comptour AM, Bewski NA, Sciortino C, et al.
557 Validity and reliability of Fitbit activity monitors compared to ActiGraph GT3X+ with
558 female adults in a free-living environment. *J Sci Med Sport.* juin 2017;20(6):578-82.
- 559 37. Carpenter C, Yang CH, West D. A Comparison of Sedentary Behavior as Measured by
560 the Fitbit and ActivPAL in College Students. *Int J Environ Res Public Health.* 8 avr
561 2021;18(8):3914.
- 562 38. Murakami H, Kawakami R, Nakae S, Nakata Y, Ishikawa-Takata K, Tanaka S, et al.
563 Accuracy of Wearable Devices for Estimating Total Energy Expenditure: Comparison
564 With Metabolic Chamber and Doubly Labeled Water Method. *JAMA Intern Med.* 1 mai
565 2016;176(5):702-3.
- 566 39. de Zambotti M, Goldstone A, Claudatos S, Colrain IM, Baker FC. A validation study
567 of Fitbit Charge 2TM compared with polysomnography in adults. *Chronobiol Int.* avr
568 2018;35(4):465-76.
- 569 40. Germini F, Noronha N, Borg Debono V, Abraham Philip B, Pete D, Navarro T, et al.
570 Accuracy and Acceptability of Wrist-Wearable Activity-Tracking Devices: Systematic
571 Review of the Literature. *J Med Internet Res.* 21 janv 2022;24(1):e30791.

572 **Table 1.** Characteristic of participants (N=126).

Characteristics	Number (percentage) *
Sex	
Men	62 (49.2)
Women	64 (50.8)
Age (years)	46.3 ± 11.3
Height (cm)	170 ± 10.1
Weight (kg)	69.7 ± 12.5
BMI (kg/m²)	23.9 ± 3.19
BMI categories	
Underweight	1 (0.79)
Normal	85 (67.5)
Overweight	35 (27.8)
Obesity	5 (4)
Experience using PA measurement technologies	
Yes	66 (52.4)
No	60 (47.6)

573 *Mean ± Standard deviation for quantitative variables

574

575 **Table 2.** Average acceptability score obtained by participants for
576 each accelerometer.

	Mean score ± SD	Min - max	P Value*
Fitbit®	80.5 ± 8.13	59 - 95	-
ActivPAL®	77.8 ± 8.87	50 - 95	0.0148
ActiGraph®	71.7 ± 8.68	45 - 89	<0.0001

577 * Reference: Fitbit®
578 Minimum score: 19; maximum score: 95.
579 Global p-value for ANOVA: p<0.0001
580

Table 3. Results (answer averages) of the acceptance questionnaire assessing the use of wearable accelerometers.

	Item	Fitbit®	ActivPAL®	ActiGraph®	Average
Comfort level	1. In general, I found "the device" comfortable to wear.	4.11	3.89	3.10	3.7
	2. "The device" irritated my skin (itching, redness, unpleasant sensation, etc.). ^(a)	4.01	4.06	4.67	4.25
	3. "The device" left traces on my skin (Marks, visible lines). ^(a)	3.95	3.81	4.66	4.14
	4. After a few hours, I was still aware that I was wearing "the device". ^(a)	3.75	4.00	2.98	3.58
Constraints and interferences in daily activities	5. I found it easy to work while wearing the "device".	4.70	4.77	4.42	4.63
	6. I found it hard to sleep while wearing the "device". ^(a)	3.72	3.99	3.24	3.65
	7. I found it easy to carry out my daily activities (leisure, housework) while wearing "the device".	4.75	4.68	4.27	4.57
	8. I found it easy to put on my usual clothes while wearing "the device".	4.83	4.41	3.56	4.27
Changes in PA habits	9. Wearing the "device" made me move more than usual. ^(a)	3.71	4.12	4.13	3.99
Ease of use	10. Overall, I found "the device" easy to use.	4.37	4.47	4.12	4.32
	11. The instructions and guidelines provided by the researcher on the use of the "device" were difficult to understand. ^(a)	4.06	2.70	2.65	3.14
Technical aspects	12. Overall, I was satisfied with the autonomy of the "device".	4.33	4.69	4.36	4.46
	13. I found the charging time of the "device" too long. ^(a)	4.10	4.53	4.52	4.38
Social acceptability	14. I found the "device" aesthetically good.	3.81	2.72	2.32	2.95
	15. I found the size of the "device" to be appropriate and discreet.	4.11	3.79	2.79	3.56
	16. I found it embarrassing to wear "the device" in public ^(a)	4.5	3.93	3.40	3.94
	17. I have had some negative comments from other people when I was wearing "the device". ^(a)	4.84	4.78	4.63	4.75
Satisfaction and long-term use intention	18. Overall, I'm disappointed with my experience with the "device". ^(a)	4.29	4.05	3.73	4.02
	19. If I were asked to wear the "device" for a week within the NutriNet Santé study, I would definitely accept.	4.52	4.44	4.19	4.38
Average by device (SD)		4.23 (0.43)	3.78 (0.46)	4.10 (0.47)	

Scoring: 1= Strongly disagree, 2= disagree, 3= Neither agree nor disagree, 4 =agree, 5 = Strongly agree.

The Score is reversed for items marked with (a): 5 = Strongly disagree, 4 = disagree, 3 = Neither agree nor disagree, 2 = agree, 1 = Strongly agree.

586

587 **Table 4.** Most recurrent positive and negative statements for each device (N=126).

	Most recurrent statement	N (%)
Fitbit®		
<i>Positive statement</i>	Tracks activity, sleep and other parameters (heart rate, number of steps, notifications)	47 (37.6)
<i>Negative statement</i>	Skin affections (Irritation, itching, marks, allergies, plastic, discomfort...)	37 (29.6)
ActivPAL®		
<i>Positive statement</i>	Discreet and comfortable (easy to forget, lightweight, invisible...)	78 (62.4)
<i>Negative statement</i>	Skin affections (irritation, redness, itching, marks after removal)	20 (16)
ActiGraph®		
<i>Positive statement</i>	Easy to use (easy to remove, replace, attach to belt, adjustable)	33 (26.4)
<i>Negative statement</i>	Unstable (difficult to hold in place, elastic waistband slips, moves during certain sports activities)	48 (38.4)

588

589 **Table 5.** Wear time (minutes/day) for the 3 accelerometers.

	Median wear time (25th; 75th centile)			
	ActiGraph®	ActivPAL®	Fitbit®	P value
Day 1	871 (795; 941)	1440 (1440; 1440)	1440 (1390; 1440)	
Day 2	930 (885; 983)	1440 (1440; 1440)	1440 (1440; 1440)	
Day 3	950 (887; 1050)	1440 (1440; 1440)	1440 (1415; 1440)	
Day 4	945 (855; 1340)	1440 (1440; 1440)	1440 (1435; 1440)	
Day 5	975 (899; 1335)	1440 (1440; 1440)	1440 (1440; 1440)	
Day 6	964 (895; 1057)	1440 (1440; 1440)	1440 (1440; 1440)	
Day 7	890 (808; 954)	1440 (1440; 1440)	1440 (1440; 1440)	
Over the 7 days	930 (855; 1020) ^{b,c}	1440 (1440; 1440) ^{a,c}	1440 (1421; 1440) ^{a,b}	<0.0001

590 Pairwise post-hoc comparisons (a=ActiGraph®; b=ActivPAL®; c=Fitbit®)

Annexe 4 - Lettre d'information aux participants



Version 4.6 du 30/05/2023

Titre complet de la recherche :

Capteurs portables pour l'évaluation des comportements physiques et alimentaires (projet WEALTH).

Le promoteur de cette recherche est l'Université Sorbonne Paris Nord,
99 avenue Jean-Baptiste Clément – 93430 Villetaneuse

LETTRE D'INFORMATION

Monsieur le Professeur Jean-Michel Oppert, PU-PH à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière et chercheur au sein de l'Equipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle (EREN) U1153 Inserm/U1125 Inra/Cnam/Université Sorbonne Paris Nord, vous propose de participer à une recherche concernant l'amélioration des méthodes de mesure de l'activité physique et des comportements alimentaires chez la personne humaine, intitulée « Capteurs portables pour l'évaluation des comportements physiques et alimentaires » (acronyme WEALTH).

Il s'agit d'un projet européen, dont le financement en France est assuré par l'Agence Nationale de la Recherche, et dans lequel la cohorte NutriNet-Santé est impliquée. Il est important de lire attentivement cette lettre d'information avant de prendre votre décision ; n'hésitez pas à nous demander des explications supplémentaires.

Cette recherche est soumise aux articles L.1121-1 et suivants du Code de la Santé Publique. L'Université Paris XIII – Sorbonne Paris Nord (99 avenue Jean Baptiste Clément 93430 Villetaneuse), représentée par son président, M. Christophe FOUQUERE, est responsable de traitement. La base légale du traitement est l'exécution d'une mission de service public d'enseignement supérieur prévues à l'article L. 123-3 du code de l'éducation.

Si vous décidez d'y participer, un consentement électronique vous sera demandé.

1) But de la recherche

L'activité physique, le temps assis (ou comportement sédentaire) comme nos habitudes alimentaires sont des facteurs importants dans la prévention de plusieurs maladies, notamment l'obésité, le diabète ou encore les maladies cardiovasculaires. La mesure fiable et combinée de l'activité physique, du temps sédentaire et des habitudes alimentaires n'est pas satisfaisante actuellement. Améliorer ces mesures en prenant en compte le contexte dans lequel elles sont réalisées permettrait de mieux prédire les comportements susceptibles d'être protecteurs vis-à-vis des maladies chroniques.

Le but de cette recherche est de développer des méthodes fiables et objectives de mesure de l'activité physique et du temps sédentaire ainsi que de définir leurs liens avec les habitudes alimentaires, et de mettre ces méthodes à la disposition des chercheurs dans le domaine de la nutrition humaine. Dans ce but, une collecte de données se fera en combinant l'utilisation de capteurs de mouvement (capteurs portables sous forme de petits boîtiers portés au poignet, à la ceinture ou sur la cuisse) et l'utilisation d'une application sur smartphone qui permet de poser des questions courtes sur le contexte de réalisation de l'activité physique (cette technique s'appelle l'évaluation écologique momentanée).

2) Aspects méthodologiques

Cette recherche combinera l'enregistrement de l'activité physique et du temps sédentaire à l'aide de quatre capteurs portables (des accéléromètres ressemblant à des montres de sport) couplés à de courts questionnaires adressés par smartphone et auxquels vous pourrez répondre pour évaluer le contexte dans lequel se fait cette activité physique et la prise simultanée d'aliments ou de boissons.

Pour répondre à la question posée dans ce projet, il est prévu d'inclure 150 Nutrinautes répondant aux caractéristiques suivantes :

- Âgés entre 18 et 64 ans
- Homme ou femme
- Résidant en Ile-de-France
- Ayant l'habitude d'utiliser un smartphone
- Ne présentant pas de maladie chronique connue telle qu'un cancer, une pathologie cardiovasculaire ou un diabète.

3) Modalités de participation à cette recherche

Une fois que vous aurez donné votre consentement, une sélection sera effectuée parmi les Nutrinautes acceptant de participer à cette recherche en fonction du nombre de volontaires (qui seront peut-être plus nombreux que nécessaire) et en prenant en compte des considérations méthodologiques (équilibre d'âge et du ratio homme/femme, répartition en fonction des catégories d'indice de masse corporelle). Le déroulement de l'étude se fera par la suite en quatre étapes :

1) La convocation et le questionnaire général

Si vous êtes sélectionné.e pour participer à cette recherche, vous en serez informé.e.s par téléphone ou par mail et une date sera convenue pour vous rendre sur le site de l'étude à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière. En amont de cette visite, il vous sera demandé de remplir sur la plateforme web NutriNet-Santé un questionnaire sur des informations socio-démographiques, et de qualité de vie perçue.

2) L'appareillage et la formation

Arrivé sur le site de l'étude, vous serez accueilli.e par une équipe dédiée. Cette dernière vous informera à nouveau sur les objectifs et le protocole de l'étude, et sur vos droits, puis elle :

- Procèdera aux mesures cliniques prévues dans le protocole (poids, taille, tour de taille, force de préhension) ;
- S'assurera que votre smartphone est compatible avec les applications qui seront utilisées dans le cadre du protocole, et vous montrera comment les installer et les configurer. Si votre smartphone n'est pas compatible, et s'il y en a un de disponible, il pourra vous être prêté dans le cadre de cette étude ;
- Vous formera à l'utilisation des quatre compteurs de mouvement (accéléromètres) qui permettront la collecte des données d'activité physique ;
- Procèdera à la calibration des accéléromètres via une session semi-structurée, où vous devrez réaliser différentes activités de la vie quotidienne : marcher, faire du vélo, réaliser des activités domestiques, lire, manger...

Cette visite durera environ trois heures.

Un rendez-vous sera également pris pour le retour du matériel après la semaine de collecte des données.

3) La collecte des données

Dès la fin de la session, vous devrez porter les quatre capteurs de mouvement pendant huit jours, à compter du lendemain de l'appareillage. Vous devrez également répondre à des questionnaires courts (environ 30 secondes) qui seront envoyés sur votre smartphone via l'application dédiée. Ces questionnaires porteront sur deux volets :

- Le contexte de pratique de l'activité physique et du temps sédentaire : ces questionnaires vous seront proposés systématiquement par l'application. Leur nombre et leur fréquence seront d'une part programmés à différents temps précis de la journée, et d'autre part dépendra de votre activité physique ;
- Les comportements alimentaires : vous devrez renseigner les boissons, repas et collations prises pendant toute la journée.

Par ailleurs, pendant ces huit jours, vous devrez remplir sur la plateforme web NutriNet-Santé trois rappels alimentaires de 24 heures, comprenant deux jours de semaine non consécutifs et un jour de week-end.

4) Le retour du matériel et le retour d'expérience

Au terme de la semaine de collecte des données, il vous sera demandé de revenir sur le site de l'étude afin de retourner les quatre compteurs de mouvement, et le smartphone qui vous aura été éventuellement prêté. Les applications de l'étude seront effacées de votre téléphone, et vous répondrez à quelques questions sur votre expérience concernant votre participation à l'étude.

Cette visite durera moins d'une heure.

4) Bénéfices et contraintes liés à votre participation

Grâce à votre participation à ce protocole, vous contribuerez au développement de méthodes innovantes de mesure de l'activité physique et du temps sédentaire ; ces méthodes seront très utiles pour une meilleure connaissance scientifique dans le domaine des relations entre ces comportements et la santé.

Vous ne recevrez aucune indemnité pour votre participation à cette recherche.

A l'issue de la recherche et après analyse des données liées à cette étude, vous pourrez demander à être informé(e) des résultats globaux de l'étude par le Professeur Jean-Michel Oppert. Les résultats globaux de cette étude pourront être présentés à des congrès nationaux ou internationaux et feront l'objet de publications scientifiques. En dehors des résultats de mesure clinique (poids, taille, tour de taille, force de préhension) qui vous seront communiqués immédiatement, aucun autre résultat individuel ne sera communiqué de manière spontanée aux participants.

Si vous acceptez de participer, les contraintes seront les suivantes :

- Remplir en ligne un questionnaire général sur des informations socio-démographiques et de qualité de vie liée à la santé.
- Se rendre sur le site de l'hôpital Pitié-Salpêtrière (Paris, 13^{ème} arrondissement) pour être formé à l'utilisation des capteurs de mouvement, à l'application d'évaluation écologique momentané, et réaliser la session de calibration individuelle des outils. Cette étape durera environ 3 heures.

- Porter pendant huit jours les quatre compteurs de mouvement, et répondre autant que possible aux questionnaires de l'application dédiée, en respectant scrupuleusement les informations fournies dans le « Guide du participant ». Cette étape durera huit jours, à partir du lendemain de la collecte et de la session de calibration des outils (lien vers le guide du participant).
- Remplir pendant ces huit jours, sur la plateforme web NutriNet-Santé, trois rappels alimentaires de 24 heures.
- Revenir sur le site de l'étude au terme de la collecte des données pour rendre le matériel, et informer les chercheurs de votre vécu durant la collecte.

5) Risques prévisibles de la recherche

Le port des accéléromètres et l'utilisation d'un smartphone pour répondre aux courts questionnaires n'entraînent aucun risque connu pour la santé. Cependant, un risque d'irritation de la peau pour les deux capteurs aux poignets (FitBit® Charge 5 et LifeQ®), et pour le capteur à la cuisse (ActivPal®) est possible.

Lors de la session de calibration les seuls risques éventuels seraient une chute lors de la réalisation des activités.

6) Devenir des données collectées dans le cadre de ce projet de recherche

L'ensemble des données collectées dans le cadre de cette étude sera stocké sur les serveurs de l'EREN via des procédures sécurisées. Après avoir été pseudonymisées, les données pourront être partagées avec les partenaires européens de cette étude (Projet WEALTH regroupant des laboratoires en Irlande, en Allemagne, en République tchèque et en Belgique) dans le respect des règles de gestion des données informatiques. Elles pourront être utilisées ultérieurement dans le cadre de futurs projets de recherche publique (aucun intérêt financier) conduits par l'équipe de l'étude NutriNet-Santé (EREN) concernant la mesure de l'activité physique, du temps sédentaire et des comportements alimentaires associés et pouvant impliquer des partenaires nationaux ou internationaux.

Concernant les données de la montre Fitbit, elles seront transférées dans un premier temps sur le serveur de l'entreprise Fitbit Inc. de manière sécurisée, avant d'être transférées sur le serveur européen, permettant ainsi le déclenchement des questionnaires sur le smartphone. Ce transfert est nécessaire car il permet par la suite de déclencher des questionnaires sur smartphone en fonction du comportement physique de la personne.

En l'absence d'une décision d'adéquation de la commission européenne qui justifie du niveau élevé de protection des données à caractère personnel aux États-Unis, vous signerez le consentement où il sera écrit explicitement : "J'ai également été informé et j'accepte explicitement que les données collectées par la montre Fitbit® vont être transférées de manière anonymisées pour des mesures de sécurité sur un serveur américain, dont la législation n'assure pas encore un niveau de protection comparable au règlement général de protection des données (RGPD), précédemment cité.". En effet, la législation américaine peut accéder à des communications sans le consentement de la

personne. Afin de se protéger de cette intrusion, une mesure supplémentaire consistant à transférer anonymement les données a été prise afin de protéger votre identité.

Ce transfert de données sera réalisé sur des données anonymisées grâce à l'identifiant numérique du projet. Les comptes Fitbit créés pour l'étude de recherche, permettant la synchronisation des données, sont anonymisés via l'identifiant. Les participants ne se connectent pas à l'application Fitbit via leurs données personnelles, mais utilisent un compte mail spécialement créé pour le projet. Votre identité est ainsi protégée et ne sera pas exposée.

Vous aurez la possibilité à tout moment de demander au Professeur Jean-Michel Oppert, la destruction de ces données ou de vous opposer à toute utilisation ultérieure de ces données, sans que cela ait un impact sur votre participation à l'étude NutriNet-Santé.

7) Traitement des données et droits associés

Dans le cadre de la recherche biomédicale à laquelle le Professeur Jean-Michel Oppert vous propose de participer à une étude qui permettra de collecter des données pour développer des outils de mesure fiables et objectives de l'activité physique, du temps sédentaire et des habitudes alimentaires associées.

Vous disposez d'un droit d'opposition à la transmission des données couvertes par le secret professionnel susceptibles d'être utilisées et traitées dans le cadre de cette recherche. A noter que ce refus empêche du même coup votre participation à cette recherche.

Ces données seront stockées sur les serveurs de l'étude NutriNet-Santé (EREN) dès collection où elles seront conservées pendant 10 ans (durée d'exploitation de la cohorte NutriNet-Santé).

Ces données pourront être analysées avec d'autres données relatives au mode de vie collectées dans le cadre de votre participation à NutriNet-Santé afin de répondre aux objectifs de ce projet. Dans cet objectif, ces données pourront être transmises aux partenaires du projet afin de réaliser les analyses définies au préalable.

Toutes les données issues de ce projet (activité physique, temps sédentaire, prises alimentaires, contexte de réalisation...) pourront être réutilisées dans le cadre de futurs projets de recherche publique portant sur la nutrition humaine pouvant impliquer des partenaires nationaux ou internationaux.

Toutes les informations recueillies au cours de cette étude, et toutes les données vous concernant utilisées dans le cadre de cette recherche seront traitées sous forme codée et de façon confidentielle, et conformément aux dispositions du Règlement (UE) 2016/679 du Parlement européen et du Conseil du 27 avril 2016 (RGPD) et de la loi n° 2018493 du 20 juin 2018 relative à la protection des données personnelles. Les conditions de sécurité seront assurées pour le transfert, le stockage et l'exploitation des données.

Les dispositions de ces mêmes textes vous garantissent un droit d'information, d'accès et de rectification de vos données ainsi qu'un droit à la limitation de traitement et à la suppression de vos données. Les données recueillies sont utilisées exclusivement dans le cadre des objectifs de la recherche, leur effacement serait susceptible de compromettre les résultats de la recherche.

Ces droits s'exercent auprès de l'investigateur principal du projet WEALTH, à l'adresse mail suivante : jean-michel.oppert@aphp.fr.

Vous avez le droit d'introduire une réclamation auprès de la CNIL.

Vous pouvez également contacter le délégué à la protection des données personnelles (DPO) à l'adresse suivante : dpo@univ-paris13.fr.

8) Autres aspects légaux

L'équipe de l'étude NutriNet-Santé (EREN) a obtenu l'avis favorable du Comité de Protection des Personnes (n°2022-A02208-35) pour cette recherche le 12/08/2023. Cette recherche a également fait l'objet d'une déclaration de conformité auprès de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL, n°2228411v0, Méthodologie de référence MR1).

Le traitement de vos données à caractère personnel est encadré par le Règlement (UE) 2016/679 du Parlement européen et du Conseil du 27 avril 2016 (RGPD).

Vous pourrez tout au long de la recherche demander des explications sur son déroulement au professeur Jean-Michel Oppert.

A l'issue de la recherche et après analyse des données relatives à cette recherche, vous pourrez être informé(e) des résultats globaux par l'intermédiaire du Professeur Jean-Michel Oppert.

Votre participation à cette recherche est entièrement libre. Vous pouvez décider à tout moment d'interrompre votre participation sans avoir à vous justifier, sans encourir aucune responsabilité ni aucun préjudice. Pour cela il vous suffit de revenir sur votre consentement en contactant les coordinateurs de l'étude.

Si vous acceptez de participer à la recherche après avoir lu toutes ces informations, vous devrez donner votre consentement éclairé.

Annexe 5 - Questionnaire général de l'étude développé numériquement (version française)

ID Participant

--	--	--	--

Questionnaire pour adultes (à partir de 18 ans)

Veillez indiquer l'heure et la date à laquelle vous commencez à remplir ce questionnaire.

**HEURE
DE DEBUT :** à

--	--

--	--

 h

DATE :

--	--

--	--

 Jour

--	--

--	--

 Mois

--	--	--	--

Année

CARACTÉRISTIQUES SOCIO-DÉMOGRAPHIQUES

1. Quel est votre sexe ?

Homme ☐ 1

Femme ☐ 2

Autre ☐ 3

2. Quelle est votre date de naissance ?

Jour

Mois

Année

3. Veuillez indiquer laquelle des propositions suivantes indiquent le mieux votre situation actuelle.

Veuillez ne cocher qu'une seule case.

Collège ☐ 1

Lycée professionnel ☐ 2

Lycée général et technologique ☐ 3

Ecole supérieure spécialisée ou université ☐ 4

Apprentissage et/ou école professionnelle ☐ 5

Employé.e ☐ 6

Chômeur ou bénéficiaire de l'aide sociale ☐ 7

Travail bénévole sans ou avec peu de revenus ou stage ☐ 8

Service militaire ☐ 9

Retraité.e ☐ 10

4. Quel est votre plus haut niveau d'éducation ?

Veillez ne cocher qu'une seule case.

- Aucun ☐ 1
- Brevet ☐ 2
- Baccalauréat professionnel ☐ 3
- Apprentissage terminé ☐ 4
- Baccalauréat / diplôme d'accès à l'enseignement supérieur..... ☐ 5
- Diplôme de maître-artisan ☐ 6
- Licence / Master ☐ 7
- Autres ☐ 8

BIEN-ÊTRE

Tout d'abord, nous aimerions savoir comment vous vous sentez et comment les choses se sont passées pour vous au cours de la semaine écoulée. Pensez à ce que vous avez vécu au cours des 14 derniers jours et cochez la réponse qui correspond le mieux à chaque ligne.

Il n'y pas de bonnes ou de mauvaises réponses. C'est ce que vous pensez qui est le plus juste.

5. Veuillez indiquer pour chacune des cinq affirmations le choix qui se rapproche le plus de ce que vous avez ressenti au cours des deux dernières semaines.

Notez que des chiffres plus élevés signifient un meilleur bien-être. *Exemple : Si vous vous êtes senti joyeux et de bonne humeur plus de la moitié du temps au cours des deux dernières semaines, cochez la case portant le chiffre 3.*

Veillez cocher une réponse par ligne.

Au cours des deux dernières semaines...	Tout le temps	La plupart du temps	Plus de la moitié du temps	Moins de la moitié du temps	De temps en temps	A aucun moment
... Je me suis senti.e joyeux.se et de bonne humeur.	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 0
... Je me suis senti.e calme et détendu.e.	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 0

... Je me suis senti.e actif.ve et vigoureux.se.	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 0
... Je me suis réveillé.e en me sentant frais.che et reposé.e.	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 0
... Mon quotidien a été rempli de choses qui m'intéressent.	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 0

QUALITÉ DE VIE

6. Dans l'ensemble, pensez-vous que votre santé est : Veuillez cocher seulement une réponse.

- Excellente ☐ 1
- Très bonne ☐ 2
- Bonne ☐ 3
- Médiocre ☐ 4
- Mauvaise ☐ 5

7. Par rapport à l'année dernière à la même époque, comment trouvez-vous votre état de santé actuel ? Veuillez cocher seulement une réponse.

- Bien meilleur que l'an dernier ☐ 1
- Plutôt meilleur ☐ 2
- A peu près pareil ☐ 3
- Plutôt moins bon ☐ 4
- Beaucoup moins bon ☐ 5

8. Voici la liste d'activités que vous pouvez avoir à faire dans votre vie de tous les jours. Pour chacune d'entre elles, indiquez si vous êtes limité.e en raison de votre état de santé actuel : Veuillez cocher une réponse par ligne.

	Oui, beaucoup limité.e	Oui, peu limité.e	Non, pas du tout limité.e

Efforts physiques importants tels que courir, soulever un objet lourd, faire du sport	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3
Efforts physiques modérés tels que déplacer une table, passer l'aspirateur, jouer aux boules	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3
Soulever et porter les courses	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3
Monter plusieurs étages par l'escalier	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3
Monter un étage par l'escalier	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3
Se pencher en avant, se mettre à genoux, s'accroupir...	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3
Marcher plus d'un kilomètre à pied	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3
Marcher plusieurs centaines de mètres	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3
Marcher une centaine de mètres	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3
Prendre un bain, une douche ou s'habiller	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3

9. Au cours de ces quatre dernières semaines, et en raison de votre état physique :

Veillez cocher une réponse par ligne.

	Oui	Non
Avez-vous réduit le temps passé à votre travail ou à vos activités habituelles ?	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2

Avez-vous accompli moins de choses que ce que vous auriez souhaité ?	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2
Avez-vous dû arrêter de faire certaines choses ?	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2
Avez-vous eu des difficultés à faire votre travail ou toute autre activité ? (Par exemple, cela vous a demandé un effort supplémentaire)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2

10. Au cours de ces quatre dernières semaines, et en raison de votre état émotionnel (comme vous sentir triste, nerveux.se ou déprimé.e) :
Veillez cocher une réponse par ligne.

	Oui	Non
Avez-vous réduit le temps passé à votre travail ou activités habituelles ?	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2
Avez-vous fait moins de choses que ce que vous auriez souhaité ?	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2
Avez-vous eu des difficultés à faire ce que vous aviez à faire avec autant de soin et d'attention que d'habitude ?	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2

11. Au cours de ces quatre dernières semaines, dans quelle mesure votre état de santé, physique ou émotionnel vous a-t-il gêné dans votre vie sociale et vos relations avec les autres, votre famille, vos amis ou vos connaissances ?
Veillez cocher seulement une réponse.

Pas du tout
☐ 1

Un petit peu
☐ 2

Moyennement
☐ 3

Beaucoup
☐ 4

Enormément
☐ 5

12. Au cours de ces quatre dernières semaines, quelle a été l'intensité de vos douleurs (physiques) ?

Veuillez cocher seulement une réponse.

Nulle
☐ 1
 Très faible
☐ 2
 Faible
☐ 3
 Moyenne
☐ 4
 Grande
☐ 5
 Très grande
☐ 6

13. Au cours de ces quatre dernières semaines, dans quelle mesure vos douleurs physiques vous ont-elles limitées dans votre travail ou vos activités domestiques ?

Veuillez cocher seulement une réponse.

Pas du tout
☐ 1
 Un petit peu
☐ 2
 Moyennement
☐ 3
 Beaucoup
☐ 4
 Enormément
☐ 5

14. Les questions qui suivent portent sur comment vous vous êtes senti.e au cours de ces quatre dernières semaines. Pour chaque question, veuillez indiquer la réponse qui vous semble la plus appropriée. Au cours de ces quatre dernières semaines y a-t-il eu des moments où...

Veuillez cocher une réponse par ligne.

	En permanence	Très souvent	Souvent	Quelquefois	Rarement	Jamais

...vous vous êtes senti.e dynamique ?	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6
...vous vous êtes senti.e très nerveux.se ?	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6
... vous vous êtes senti.e si découragé.e que rien ne pouvait vous remonter le moral ?	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6
... vous vous êtes senti.e calme et détendu.e ?	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6
... vous vous êtes senti.e débordant d'énergie ?	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6
... vous vous êtes senti.e triste et abattu.e ?	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6
... vous vous êtes senti.e épuisé.e ?	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6
... vous vous êtes senti.e heureux.se ?	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6
... vous vous êtes senti.e fatigué.e ?	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6

15. Au cours de ces quatre dernières semaines, y a-t-il eu des moments où votre état de santé, physique ou émotionnel vous a gêné.e dans votre vie et vos relations avec les autres, votre famille et vos connaissances ?
Veillez cocher seulement une réponse.

En permanence
☐ 1
 Une bonne partie du temps
☐ 2
 De temps en temps
☐ 3
 Rarement
☐ 4
 Jamais
☐ 5

16. Indiquez pour chacune des phrases suivantes dans quelle mesure elles sont vraies ou fausses dans votre cas :
Veillez cocher une réponse par ligne

	Totalement vraie	Plutôt vraie	Je ne sais pas	Plutôt fausse	Totalement fausse
Je tombe malade plus facilement que les autres	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
Je me porte aussi bien que n'importe qui	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
Je m'attends à ce que ma santé se dégrade	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
Je suis en excellente santé	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5

UTILISATION DES MÉDIAS

17. Vérifiez-vous ou utilisez-vous des plateformes de médias sociaux (par exemple WhatsApp, Instagram, Snapchat ou Facebook, avec votre iPad, tablette, ordinateur, smartphone) dans les 5 minutes suivant votre réveil ?

Oui ☐ 1

Non ☐ 2

18. Combien de temps par jour regardez-vous habituellement des films ou d'autres programmes sur internet (iPad, tablette, ordinateur, téléphone) ou à la télévision ?

Veillez cocher seulement une réponse par ligne.

	Pas du tout	Moins de 30 min. par jour	Entre 30 min. et 2 heures par jour	Entre 2 heures et 3 heures par jour	Entre 3 et 6 heures par jour	Plus de 6 heures par jour
... Jour de la semaine	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
... Jour de week-end	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5

19. Combien de temps par jour jouez-vous habituellement à des jeux vidéo (sur un ordinateur, une console de jeu, un smartphone, un iPad, etc.) ?

Veillez cocher seulement une réponse par ligne.

	Pas du tout	Moins de 30 min. par jour	Entre 30 min. et 2 heures par jour	Entre 2 heures et 3 heures par jour	Entre 3 et 6 heures par jour	Plus de 6 heures par jour
... Jour de la semaine	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
... Jour de week-end	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5

20. Combien de fois utilisez-vous votre smartphone au cours d'une journée typique ?

Veillez cocher seulement une réponse.

Je n'ai pas accès à un smartphone ☐ 1

- Moins de 5 fois par jour ☐ 2
- 6 à 10 fois par jour ☐ 3
- 11 à 20 fois par jour ☐ 4
- 21 à 50 fois par jour ☐ 5
- 51 à 100 fois par jour ☐ 6
- Plus de 100 fois par jour ☐ 7

ACTIVITÉ PHYSIQUE

21. Veuillez indiquer à quelle fréquence vous utilisez habituellement les moyens de transport suivants.

Veuillez cocher seulement une réponse par ligne.

	Tous les jours ou presque	Un à trois jours par semaine	Un à trois jours par mois	Moins d'une fois par mois	Jamais ou presque jamais
Voiture	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
Vélo	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
Bus / train dans la région	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
Trains longue distance	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
Bus longue distance	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
Chemins exclusivement pédestres	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5

22. A quelle fréquence avez-vous accès à une voiture en tant que conducteur ou passager (y compris le covoiturage) ?

Veuillez cocher seulement une réponse.

- À tout moment ☐ 1
- Occasionnellement ☐ 2

Pas du tout
... ☐ 3

23. Avez-vous un ...

Veillez cocher toutes les cases qui s'appliquent.

...Vélo électrique ?
... ☐ 1
...Vélo normal ?
... ☐ 1 Ni l'un ni l'autre
..... ☐ 1

SPORTS ORGANISES

24. Êtes-vous membre d'un club de sport / d'une association sportive / d'une salle de sport ?

Oui ☐ 1
Non ☐ 2 → Veuillez passer à la question **27**

25. Combien de temps environ passez vous à faire du sport dans un club sportif/une salle de sport par semaine ?

heure(s) et minutes **par semaine**

26. Quel type de sport organisé pratiquez-vous ?

Veillez cocher toutes les cases qui s'appliquent.

Football
... ☐ 1 Autres sports de balles (e.g. basketball, volleyball, handball, hockey sur
glace/gazon) . ☐ 1 Sports de raquettes (e.g. tennis, badminton, tennis de table) ...
..... ☐ 1
Danse (incl. patinage artistique)
..... ☐ 1
Gymnastique (incl. gymnastique rythmique)
..... ☐ 1
Arts martiaux (e.g. judo, karaté, boxe)
..... ☐ 1

Athlétisme
☐ 1
 ...
 Natation
☐ 1

 Autres sports d'endurance (e.g. aérobique, cyclisme, triathlon, marche nordique, course à pied)
☐ 1

 Entraînement en force (e.g. en salle)
☐ 1

 Gymnastique douce (e.g. yoga, Pilates)
☐ 1

 Autre
☐ 1

 Veuillez spécifier :

 Aucun
☐ 1

Estimation de l'activité physique globale

27. Au cours de la semaine dernière, combien de jours avez-vous pratiqué une activité physique d'une durée totale de 60 minutes ou plus, suffisante pour augmenter votre fréquence respiratoire ? Cela peut inclure le sport, l'exercice, la marche rapide ou le vélo pour les loisirs ou pour se rendre à un endroit et en revenir.

0 jour	1 jour	2 jours	3 jours	4 jours	5 jours	6 jours	7 jours
<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7

28. Au cours de la semaine dernière, combien de jours avez-vous pratiqué une activité physique d'une durée totale de 30 minutes ou plus, suffisante pour augmenter votre fréquence respiratoire ? Cela peut inclure le sport, l'exercice, la marche rapide ou le vélo pour les loisirs ou pour se rendre à un endroit et en revenir, mais ne doit pas inclure les travaux ménagers ou l'activité physique qui peut faire partie de votre travail.

0 jour	1 jour	2 jours	3 jours	4 jours	5 jours	6 jours	7 jours

☐ 0

☐ 1

☐ 2

☐ 3

☐ 4

☐ 5

☐ 6

☐ 7

HABITUDES DE SOMMEIL

Nous aimerions maintenant connaître vos habitudes de sommeil pendant les jours d'école/de travail et pendant les week-ends/vacances/jours de congé.

DURÉE DU SOMMEIL PENDANT LES JOURS DE TRAVAIL

Commençons par quelques questions sur votre durée de sommeil typique pendant les jours de travail.

29. Combien de temps dormez-vous pendant une période de 24 heures les jours de travail ? *Donnez des informations séparées pour le sommeil de nuit et les siestes dans la journée.*

heures et minutes par nuit.

heure(s) et minutes de sieste pendant la journée.

30. A quelle heure vous couchez-vous habituellement les jours de travail ?

Veillez saisir l'heure. Un exemple : si vous vous couchez habituellement à huit heures et demie du soir, veuillez renseigner :

à : h

31. A quelle heure vous réveillez-vous habituellement les jours de travail ?

Veillez saisir l'heure. Un exemple : si vous vous réveillez habituellement à six heures du matin, veuillez renseigner :

6 : 0 h.

à : h

VOTRE DURÉE DE SOMMEIL PENDANT LES WEEK-ENDS/VACANCES/JOURS DE CONGÉ

Veuillez maintenant répondre à quelques questions sur la durée typique de votre sommeil pendant les week-ends/vacances/jours de congé.

32. Combien de temps dormez-vous par période de 24 heures pendant les week-ends/vacances/jours de congé ?

Fournir des informations distinctes pour le sommeil de nuit et les siestes dans la journée.

heures et minutes par nuit.

heure(s) et minutes de sieste durant la journée.

33. À quelle heure vous couchez-vous habituellement pendant les week-ends/vacances/jours de congé ?

Veuillez renseigner l'heure. Un exemple : si vous vous couchez habituellement à huit heures et demie du soir, 2 0 : 3 0 :

à : h

34. À quelle heure vous réveillez-vous habituellement pendant les week-ends/vacances/jours de congé ?

Veuillez renseigner l'heure. Un exemple : si vous vous réveillez habituellement à six heures du matin, entre 0 6 0 0 h.

à : h

TABAGISME

Les questions suivantes portent sur le tabagisme.

35. Avez-vous déjà fumé (cigarettes, cigares, pipe à eau/chicha ou e-cigarette) régulièrement dans votre vie pendant une période de plus de 6 mois ?

Régulièrement signifie : une cigarette par jour ou au moins cinq cigarettes par semaine ou au moins un paquet de cigarettes par mois, deux cigares par semaine ou deux pipes par semaine.

Si au moins une de ces réponses s'applique, cochez "oui".

Oui ☐ 1

Non, je n'ai jamais fumé pendant plus de 6 mois ☐ 2 → Veuillez passer à la question **38**

36. Quand avez-vous commencé à fumer régulièrement ?

Veuillez renseigner l'âge.

J'avais ans.

37. Fumez-vous actuellement (cigarettes, cigares, pipe à eau/chicha ou e-cigarette) ?

Veuillez cocher seulement une réponse.

Oui, quotidiennement ☐ 1 → Veuillez entrer la fréquence ci-dessous

Cigarette par **jour**

Pipe à eau/chicha ou cigare par **jour**

E-cigarette par **jour**

Oui, occasionnellement ☐ 2 → Veuillez entrer la fréquence ci-dessous

Cigarette par **semaine**

Pipe à eau/chicha ou cigare par **semaine**

E-cigarette

par **semaine**

Non, mais j'ai fumé dans le passé ☐ 3 → Veuillez renseigner l'âge que vous aviez quand vous avez arrêté :

J'avais ans.

CONSOMMATION D'ALCOOL

Les questions suivantes portent sur la consommation d'alcool de **l'année écoulée**.

38. Durant l'année passée, à quelle fréquence avez-vous bu une boisson alcoolisée, par exemple de la bière, du vin, des spiritueux, des boissons mélangées ou du cidre fermenté ?

Veuillez cocher seulement une réponse.

Jamais ☐ 1 → Allez directement à la question

41

Une fois par mois ou moins ☐ 2

Une fois par semaine ou moins ☐ 3

1 à 2 fois par semaine ☐ 4

3 à 5 fois par semaine ☐ 5

Presque tous les jours ou tous les jours ☐ 6

39. Combien de verres avez-vous consommé habituellement les jours où vous avez bu des boissons alcoolisées au cours de l'année écoulée ?

"Une "boisson" est, par exemple, un verre de vin (environ 0,125l), une bouteille ou une canette de bière (environ 0,33l) ou liqueur (environ 0,04l)."

Nombre de boissons

40. À quelle fréquence consommez-vous six boissons ou plus en une seule occasion ?

Veuillez cocher seulement une réponse.

Jamais ☐ 1

- Moins d'une fois par mois ☐ 2
- Tous les mois ☐ 3
- Toute les semaines ☐ 4
- Tous les jours ou presque ☐ 5

COMPORTEMENT ALIMENTAIRE ET FREQUENCE DES REPAS

41. A quelle fréquence prenez-vous habituellement... ?

Veillez cocher seulement une réponse par ligne.

	Jamais	Moins d'une fois par semaine	1-2 fois par semaine	3-6 fois par semaine	Quotidiennement
... Petit-déjeuner	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
... Collation(s) du matin	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
... Déjeuner du midi	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
... Collation(s) de l'après-midi	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
... Dîner	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
... Collation(s) du soir	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5

42. Prenez-vous habituellement vos repas tout seul ou avec d'autres personnes ?

Veillez cocher seulement une réponse par ligne.

	Je ne mange pas ce type de repas	Tout seul	Avec mon partenaire ou d'autres membres de la famille	Avec mes amis, mes collègues ou autres personnes
... Petit-déjeuner	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4

... Déjeuner du midi	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
... Dîner	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
... Collation(s)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4

43. Combien de fois mangez-vous en faisant autre chose (par exemple en regardant la télévision, en utilisant un smartphone, en jouant, en étant assis devant un ordinateur, en lisant un livre) ?

Veillez cocher seulement une réponse.

Jamais ou rarement

..... ☐ 1 Quelques fois par semaine

..... ☐ 2

Une fois par jour

..... ☐ 3

Plusieurs fois par jour

..... ☐ 4

44. Avez-vous l'habitude d'exclure des produits alimentaires ?

Veillez cocher « Oui » ou « Non », par « oui » plusieurs réponses sont possibles.

☐ 1 Non, je n'exclus aucun produit alimentaire.

☐ 2 Oui, j'exclus les produits alimentaires suivants :

Viande rouge (par exemple porc, bœuf, agneau)..... ☐ 1

Volaille ☐ 1

Poisson ☐ 1

Lait et produits laitiers ☐ 1

Œufs..... ☐ 1

Autres..... ☐ 1

Veillez spécifier : _____

45. A quelle fréquence mangez-vous habituellement... ?

Veillez cocher seulement une réponse par ligne.

	Jamais	Moins d'une fois par semaine	1-2 fois par semaine	3-6 fois par semaine	Quotidiennement
Manger au domicile					
Repas préparés à la maison	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
Repas préparés et achetés en dehors du domicile (par exemple à emporter/restauration rapide)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
Manger en dehors du domicile					
Repas préparés à la maison	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
Repas préparés et achetés en dehors du domicile (par exemple à emporter/restauration rapide)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5

46. Au cours du mois dernier, combien de fois avez-vous mangé ou bu les aliments suivants ?

Veillez cocher seulement une réponse par ligne.

Le mois dernier...	Jamais / moins d'une fois par mois	1-3 fois par semaine	4-6 fois par semaine	1 fois par jour	2 fois par jour	3 fois par jour	4 fois ou plus par jour
Légumes							
Légumineuses (par exemple haricots blanc , lentilles, pois chiches)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Pommes de terre (cuites, non frites)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Pommes de terre frites, croquettes de pommes de terre	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Autres légumes cuits	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Légumes crus (salade mixte, carotte, fenouil, concombre, laitue, tomate, etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Fruit frais							
Fruits frais (également sous forme de jus fraîchement pressé) sans sucre ajouté	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Fruits frais (également sous forme de jus fraîchement pressé) avec ajout de sucre	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Boissons							
Eau (eau du robinet, eau gazeuse, eau plate nature)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Jus de fruits (100% fruits), conditionnés (jus d'orange, jus de pomme, etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Boissons gazeuses sucrées (par exemple, coca-cola®, fanta®), bière sans alcool, cidre etc.	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Boissons gazeuses diététiques (par exemple, cola light etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Boissons sucrées, non gazeuses (par ex. thé glacé, boissons à base de sirop et similaires, jus de fruits contenant moins de 100 % de fruits, boissons pour sportifs, vin sans alcool, etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7

Le mois dernier...	Jamais / moins d'une fois par mois	1-3 fois par semaine	4-6 fois par semaine	1 fois par jour	2 fois par jour	3 fois par jour	4 fois ou plus par jour
Boissons							
Boissons artificiellement sucrées, non gazeuses (par ex. thé glacé diététique, sirop de fruits diététique, boissons sportives diététiques etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Café et similaires :							
a) Non sucré	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
b) Sucré (par exemple ajout de sucre de miel...)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Thé, tisane et similaires :							
a) Non sucré	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
b) Sucré (par exemple ajout de sucre, de miel)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Substituts de lait végétal ou laits végétaux (par exemple, boisson au soja, aux amandes, au riz, à l'avoine ou à la noix de coco)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Boissons alcoolisées	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Céréales petit-déjeuner							
Céréales de petit-déjeuner sucrées ou avec ajout de sucre, et muesli sucré et croustillant	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Porridge, flocons d'avoine, céréales non sucrées, muesli nature	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Lait							
Lait nature non sucré (N'oubliez pas le lait dans le café, le thé ou ajouté aux céréales)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Lait sucré et/ou aromatisé (par exemple chocolat en poudre, ajout de sucre, de miel etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7

<p>Quel type de lait consommez-vous habituellement ? <i>Cochez une seule réponse.</i></p>	<p>a) Entier..... <input type="radio"/> 1</p> <p>b) Lait demi-écrémé/écrémé <input type="radio"/> 2</p> <p>c) Les deux types de lait <input type="radio"/> 3</p> <p>d) Je ne bois pas de lait <input type="radio"/> 4</p> <p>e) Je ne sais pas <input type="radio"/> 5</p>						
Le mois dernier...	Jamais / moins d'une fois par mois	1-3 fois par semaine	4-6 fois par semaine	1 fois par jour	2 fois par jour	3 fois par jour	4 fois ou plus par jour
Yaourt							
Nature non sucré ou kéfir	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Sucré et aromatisé, et boissons lactées fermentées boissons à base de lait fermenté (par ex. Actimel®, Yop® etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
<p>Quel type de yaourt consommez-vous habituellement ? <i>Cochez une seule réponse.</i></p>	<p>a) Entier <input type="radio"/> 1</p> <p>b) Demi-écrémé/écrémé (0% MG) <input type="radio"/> 2</p> <p>c) Les deux types de yaourt <input type="radio"/> 3</p> <p>d) Je ne mange pas de yaourt <input type="radio"/> 4</p> <p>e) Je ne sais pas <input type="radio"/></p>						
Yaourt à base de substituts de laits végétaliens ou de laits végétaux (par exemple, boisson au soja, à l'amande, au riz, à l'avoine ou à la noix de coco)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Poisson							
Poisson en conserve (par exemple sardines, thon, maquereau etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Poisson bouilli, grillé, cuit au four, cru, non frit, sans enrobage ni panure	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Poisson, frit et/ou enrobé (par exemple poisson pané etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Viande et produits à base de viande							
Charcuterie (par exemple saucisson, rillettes etc.) et conserves de produits carnés prêts à cuire (par exemple cassoulet etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Viande bouillie, grillée, cuite au four, sans enrobage, non frite (par exemple bœuf, porc, agneau etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7

Le mois dernier...	Jamais / moins d'une fois par mois	1-3 fois par semaine	4-6 fois par semaine	1 fois par jour	2 fois par jour	3 fois par jour	4 fois ou plus par jour
Viande frite (par exemple bœuf, porc etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Volaille, bouillie, grillée, cuite au four, sans enrobage, non frite (poulet, dinde etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Volaille frite (poulet frit, nuggets etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Œufs et mayonnaise							
Œufs au plat ou brouillés	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Œufs à la coque ou durs ou pochés	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Mayonnaise et sauce à base d'œufs (par exemple béarnaise etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Produits de remplacement de la viande et produits à base de soja							
Tofu, tempeh, steak végétal, etc.	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Fromage							
Fromage (camembert, comté, roquefort, crottin de chèvre, etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Fromage à tartiner (Saint Môret®, Vache qui rit® etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Fromage râpé	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Le fromage que vous consommez habituellement est-il allégé en matières grasses ? <i>Cochez une seule réponse.</i>	a) Oui <input type="radio"/> 1 b) Non <input type="radio"/> 2 c) Je ne mange pas de fromage <input type="radio"/> 3 d) Je ne sais pas <input type="radio"/> 7						
Produits à tartiner							
Confiture, miel	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Chocolat ou pâte à tartiner	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Beurre, margarine sur le pain	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7

Produits allégés sur le pain (par exemple beurre allégé etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Ketchup (également comme garniture sur les frites)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Le mois dernier...	Jamais / moins d'une fois par mois	1-3 fois par semaine	4-6 fois par semaine	1 fois par jour	2 fois par jour	3 fois par jour	4 fois ou plus par jour
Huile végétale pour la cuisson et/ou les salades							
Huile d'olive	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Produits céréaliers							
Pain blanc, petit pain blanc, pain croustillant blanc (par exemple biscotte etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Pain complet, pain noir, pain croustillant complet (par exemple biscotte etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Pâtes, nouilles, riz et autres céréales, blanches, raffinées	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Pâtes complètes, nouilles, riz brun et autres céréales, non raffinées	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Céréales moulues (par exemple polenta, semoule etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Pizza comme plat principal	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Hamburger, hot-dog, kebab, wrap, falafel, sandwichs non faits maisons	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
En-cas							
Fruits à coque et graines (amandes, noisettes etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Fruits secs (abricots secs, raisins secs etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
En-cas tels que chips, chips de maïs (par exemple tortilla), pop-corn, etc.	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
En-cas comme les pâtisseries salées et beignets (par exemple quiche, tarte au fromage, pancakes, etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
En-cas comme le chocolat, les barres chocolatées (Mars®, Lions®, KitKat®, etc.), barres céréalières	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7

En-cas comme des bonbons, de la guimauve (par exemple marshmallow etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
En-cas tels que les biscuits, gâteaux emballés, pâtisseries ou viennoiseries	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7
Barre à base de crème glacée	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7

Super ! Vous l'avez fait !

Merci beaucoup d'avoir répondu aux questions !

Veuillez noter l'heure à laquelle vous avez fini de compléter le questionnaire.

(Par exemple, si vous finissez à dix-neuf trente du soir, veuillez noter ci-dessous 19:30)

HEURE DE FIN:

à

		:		
--	--	---	--	--

h.

Interruptions – Avez-vous été interrompu pendant que vous remplissiez le questionnaire ?

Non ☐ 2

Oui ☐ 1 

Si oui, pendant combien de temps avez-vous été interrompu au total ?

Veuillez indiquer l'heure. *(Par exemple, si vous avez été interrompu pendant une heure et trente minutes, veuillez saisir 01:30).*

		heures et			minutes
--	--	-----------	--	--	---------

Merci !

Annexe 6 - Présentation des questions issues des différents questionnaires EMA

Les questionnaires EMA quotidiens du matin et du soir comprennent les 9 items du questionnaire quotidien général ainsi que leurs 5 items spécifiques.

Les questionnaires EMA basés sur les événements de sédentarité, de marche et de course comprennent les 9 items du questionnaire événementiel général ainsi que leurs 5 items spécifiques.

Type de questionnaire	Items	Réponse
Quotidien Basé sur le temps	Que faisiez-vous juste avant cette notification ?	(1) Consommation de boisson, d'encas ou de repas, (2) Regarder la télévision, (3) Utiliser un ordinateur / smartphone, (4) Lire, (5) Jouer à un jeu, (6) Être en transport (voiture, bus, train), (7) Être en déplacement (marche, courses, etc.), (8) Faire de l'exercice, (9) Socialiser (avec des amis / la famille), (10) Autre
	Comment vous sentez-vous MAINTENANT ? (6 items)	Echelles visuelles analogiques 1. Très fatigué – Très éveillé 2. Très satisfait – Très insatisfait 3. Très agité – Très calme 4. Très plein d'énergie – Très sans énergie 5. Très mal – Très bien 6. Très détendu – Très tendu
	Quel est votre niveau de fatigue MAINTENANT ?	Echelle visuelle analogique Aucune fatigue - Fatigue extrême
	J'ai une envie intense de consommer un ou plusieurs aliments spécifiques.	(1) Pas du tout d'accord, (2) Pas d'accord, (3) Neutre, (4) D'accord, (5) Tout à fait d'accord
	À quelle heure vous êtes-vous couché hier ?	Heures et minutes (HH:MM)
Quotidien du matin	Combien de temps vous a-t-il fallu pour vous endormir ?	Heures et minutes (HH:MM)

Type questionnaire	de	Items	Réponse
		À quelle heure vous êtes-vous réveillé ce matin ?	Heures et minutes (HH:MM)
		Combien de temps avez-vous réellement dormi ?	Heures et minutes (HH:MM)
		Comment évalueriez-vous la qualité de votre sommeil ?	Echelle visuelle analogique « Très mauvais » – « Très bon »
	Quotidien du soir	Je me suis senti joyeux et de bonne humeur	(0) Jamais, (1) Parfois, (2) Moins de la moitié du temps, (3) Plus de la moitié du temps, (4) La plupart du temps, (5) Tout le temps
		Je me suis senti calme et détendu	(0) Jamais, (1) Parfois, (2) Moins de la moitié du temps, (3) Plus de la moitié du temps, (4) La plupart du temps, (5) Tout le temps
		Je me suis senti actif et plein d'énergie	(0) Jamais, (1) Parfois, (2) Moins de la moitié du temps, (3) Plus de la moitié du temps, (4) La plupart du temps, (5) Tout le temps
		Je me suis réveillé frais et reposé	(0) Jamais, (1) Parfois, (2) Moins de la moitié du temps, (3) Plus de la moitié du temps, (4) La plupart du temps, (5) Tout le temps
		Ma journée a été remplie de choses qui m'intéressent	(0) Jamais, (1) Parfois, (2) Moins de la moitié du temps, (3) Plus de la moitié du temps, (4) La plupart du temps, (5) Tout le temps
	Événementiel Basé sur événements		(1) Consommation de boisson, d'encas ou de repas, (2) Regarder la télévision, (3) Utiliser un ordinateur / smartphone, (4) Lire, (5) Jouer à un jeu, (6) Être en transport (voiture, bus, train), (7) Être en déplacement (marche, courses, etc.), (8) Faire de l'exercice, (9) Socialiser (avec des amis / la famille), (10) Autre
		Quel est votre niveau de fatigue MAINTENANT ?	Echelle visuelle analogique Aucune fatigue - Fatigue extrême
		J'ai une envie intense de consommer un ou plusieurs aliments spécifiques.	(1) Pas du tout d'accord, (2) Pas d'accord, (3) Neutre, (4) D'accord, (5) Tout à fait d'accord
	Sédentaire	Quelle était votre position corporelle juste avant la notification ?	(1) Allongé, (2) Semi-allongé, (3) Assis, (4) Debout, (5) À genoux

Type de questionnaire	Items	Réponse
	Quelle action physique faisiez-vous juste avant ?	(1) Marcher, (2) Courir, (3) Faire du vélo, (4) Faire de l'exercice, (5) Autre
	Où êtes-vous MAINTENANT ?	(1) À l'intérieur, (2) À l'extérieur
	Si à l'intérieur :	(1) Chez soi, (2) Chez quelqu'un, (3) Restaurant/café, (4) Snack-bar, (5) École/travail, (6) En déplacement, (7) Centre commercial, (8) Lieu de sport/détente, (9) Autre
	Si à l'extérieur :	(1) Jardin, (2) Rue, (3) Parc ou espace vert, (4) En déplacement, (5) Terrain de sport, (6) Route de campagne, (7) Campagne/forêt/plage, (8) Autre
	Avec qui êtes-vous MAINTENANT ?	(1) Seul, (2) Amis/collègues, (3) Famille, (4) Enfants, (5) Inconnus, (6) Foule, (7) Groupe organisé, (8) Autre
Marche/course à pied	Quelle était votre position corporelle juste avant la notification ?	(1) Allongé, (2) Semi-allongé, (3) Assis, (4) Debout, (5) À genoux
	Quelle action physique faisiez-vous juste avant ?	(1) Marcher, (2) Courir, (3) Faire du vélo, (4) Faire de l'exercice, (5) Autre
	Quelle était la nature de l'activité que vous exerciez ?	(1) Surface plane, (2) Monter pente/escaliers, (3) Descendre, (4) Sans balancement des bras, (5) Avec charge (sac, enfant, etc.)
	Quelle était l'allure de l'activité que vous réalisiez ?	(1) Lente, (2) Moyenne, (3) Rapide
	Quelle était l'intensité de l'activité que vous réalisiez ?	(1) Très légère, (2) Légère, (3) Modérée, (4) Vigoureuse, (5) Très intense, (6) Effort maximal
	Où êtes-vous MAINTENANT ?	(1) À l'intérieur, (2) À l'extérieur
	Si à l'intérieur :	(1) Chez soi, (2) Chez quelqu'un, (3) Restaurant/café, (4) Snack-bar, (5) École/travail, (6) En déplacement, (7) Centre commercial, (8) Lieu de sport/détente, (9) Autre
	Si à l'extérieur :	(1) Jardin, (2) Rue, (3) Parc ou espace vert, (4) En déplacement, (5) Terrain de sport, (6) Route de campagne, (7) Campagne/forêt/plage, (8) Autre

Type de questionnaire	Items	Réponse
	Avec qui êtes-vous MAINTENANT ?	(1) Seul, (2) Amis/collègues, (3) Famille, (4) Enfants, (5) Inconnus, (6) Foule, (7) Groupe organisé, (8) Autre Echelles visuelles analogiques (6 dimensions de l'humeur) 1. Très fatigué – Très éveillé 2. Très satisfait – Très insatisfait 3. Très agité – Très calme 4. Très plein d'énergie – Très sans énergie 5. Très mal – Très bien 6. Très détendu – Très tendu
	Comment vous sentez-vous MAINTENANT ? (6 items)	
	Que souhaitez-vous déclarer ? Veuillez indiquer l'heure à laquelle vous avez consommé cet aliment/boisson.	(1) Petit-déjeuner, (2) Déjeuner, (3) Dîner, (4) En-cas, (5) Boisson
Auto-initiés Repas/Boisson	Si En-cas : Veuillez indiquer ce que vous avez consommé comme encas.	(1) Noix et graines (par exemple <exemples locaux> etc.), (2) Fruits secs ou frais (par exemple <exemples locaux> etc.), (3) En-cas comme les chips, les chips de maïs, le pop-corn etc. (par exemple <exemples locaux> etc.), (4) En-cas comme les pâtisseries salées et les beignets (par exemple crackers, cheese pie, sausage pie, pancakes,<exemples locaux> etc.), (5) En-cas comme le chocolat, les barres chocolatées (mars, lions, kit kat,<exemples locaux> etc.), (6) En-cas comme les bonbons, les bonbons en vrac, la guimauve (<exemples locaux> etc.), (7) En-cas comme les bonbons en vrac, la guimauve (<exemples locaux> etc.), (8) En-cas comme le chocolat, les barres chocolatées (mars, lions, kit kat,<exemples locaux> etc.), (9) Hamburger, hot-dog, kebab, wrap, falafel, sandwichs (<exemples locaux> etc.), (10) Autres en-cas
	Si Boisson : Veuillez sélectionner la boisson que vous avez consommée.	(1) Eau (eau du robinet, eau gazeuse, etc.), (2) Jus de fruits (100% fruits, etc.), (3) Boissons gazeuses sucrées (cola, fanta, etc.), (4) Boissons artificiellement sucrées (cola diététique, etc.), (5) Boissons à base d'eau, (6) Boissons à base d'eau, (7) Boissons à base d'eau, (8) Boissons à base d'eau., (5) Boissons sucrées (thés glacés, jus de fruits avec moins de 100 % de jus, boissons énergisantes, thés/café

Type de questionnaire	Items	Réponse
		avec du lait ou du sucre), (6) Café/thé sans lait ni sucre, (7) Boissons alcoolisées, (8) Autre
	Où êtes-vous MAINTENANT ?	(1) À l'intérieur, (2) À l'extérieur
	Si à l'intérieur :	(1) Chez soi, (2) Chez quelqu'un, (3) Restaurant/café, (4) Snack-bar, (5) École/travail, (6) En déplacement, (7) Centre commercial, (8) Lieu de sport/détente, (9) Autre
	Si à l'extérieur :	(1) Jardin, (2) Rue, (3) Parc ou espace vert, (4) En déplacement, (5) Terrain de sport, (6) Route de campagne, (7) Campagne/forêt/plage, (8) Autre
	Avec qui étiez-vous lorsque vous avez consommé cette boisson, ce repas ou cet en-cas ?	(1) Seul, (2) Amis/collègues, (3) Famille, (4) Enfants, (5) Inconnus, (6) Foule, (7) Groupe organisé, (8) Autre
	Que faisiez-vous pendant que vous consommiez cette boisson, ce repas ou cet en-cas ?	(1) A consommé une boisson, une collation ou un repas, (2) A regardé la télévision, (3) A utilisé un ordinateur/smartphone, (4) A lu, (5) A joué à un jeu, (6) A été dans un moyen de transport (voiture, bus, train), (7) A été en mouvement (marche, shopping, etc.), (7) A fait de l'exercice, (8) A socialisé (être avec des amis/famille), (8) Autre
	Que faisiez-vous dans l'heure précédant la consommation de cette boisson, de ce repas ou de cet en-cas ?	(1) A consommé une boisson, une collation ou un repas, (2) A regardé la télévision, (3) A utilisé un ordinateur/smartphone, (4) A lu, (5) A joué à un jeu, (6) A été dans un moyen de transport (voiture, bus, train), (7) S'est déplacé (à pied, en faisant des courses, etc.), (8) A fait de l'exercice, (9) A socialisé (avec des amis/famille), (10) Autre

Annexe 7 - Présentation du questionnaire de faisabilité rempli par les participants à la fin de la visite 1 (partie 1) et à la fin du protocole lors de la visite 2 (partie 2).



Cher participant, chère participante,

Pour terminer, nous aimerions savoir comment vous avez perçu les dispositifs de mesure en laboratoire, les enquêtes par smartphone, les questionnaires en ligne ainsi que l'ensemble de l'étude. Vos réponses sont très précieuses pour l'utilisation future des résultats de notre étude. Ce court questionnaire contient des affirmations et des réponses à marquer d'une croix (X) dans le tableau ci-dessous.

Veillez répondre aux questions sur la mesure en laboratoire et la calibration en laboratoire immédiatement après l'installation des capteurs.

Nous vous demanderons de répondre aux autres questions (sur les appareils, les enquêtes, les questionnaires et l'ensemble de l'étude) à la fin de l'étude lors de votre visite pour le retour des appareils.

Merci beaucoup de participer à notre étude !

A administrer immédiatement après les mesures en laboratoire, de préférence dans le laboratoire.

Date de remplissage du questionnaire /.... /2023

	Tout à fait pas d'accord	Plutôt pas d'accord	Ni en désaccord ni en accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
Mesures et calibration en laboratoire					
Le <u>nombre d'activités</u> pendant les mesures en laboratoire était acceptable					
Les <u>activités</u> pendant les mesures en laboratoire n'étaient pas trop exigeantes physiquement					
La <u>durée</u> de la session en laboratoire était acceptable					
Les conseils techniques pour la manipulation des appareils étaient compréhensibles					

A administrer à la fin de l'étude de 9 jours.

Date de remplissage du questionnaire /.... /2023

	Tout à fait pas d'accord	Plutôt pas d'accord	Ni en désaccord ni en accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
Appareils					
Les appareils <u>mis aux poignets</u> étaient confortables à porter					
L'appareil <u>fixé à la hanche</u> était confortable à porter					
L'appareil <u>fixé à la cuisse</u> était confortable à porter					
Le nombre de jours (9 jours) pendant lesquels j'ai porté les appareils était acceptable					
Le port des appareils n'a pas modifié mes habitudes quotidiennes					
Je n'ai pas été gêné par le port des appareils					
La manipulation des appareils était simple (par exemple les charger, ou les remettre)					
Cela ne me posait pas de problème de partager les données recueillies par les appareils					
Enquêtes sur votre téléphone au cours de la journée					
Il était facile de garder mon téléphone sur moi toute la journée					
Répondre aux enquêtes par téléphone était rapide					

Le nombre d'enquêtes par téléphone au cours de la journée était acceptable					
Les questions par téléphone étaient compréhensibles					
	Tout à fait pas d'accord	Plutôt pas d'accord	Ni en désaccord ni en accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
Recevoir les enquêtes par téléphone n'a pas été dérangeant					
Recevoir des enquêtes par téléphone m'a fait changer mes activités ou mon comportement alimentaire					
Il était réalisable de signaler mes consommations d'aliments et de boissons pendant la journée dans l'application HealthReact					
Répondre pendant 9 jours à des enquêtes sur l'application était réalisable					
Cela ne me posait pas de problème de partager mes données sur mon comportement via les enquêtes					
Il n'y a pas eu de problème technique pour remplir les enquêtes					
Rapport en ligne sur la plateforme NutriNet-Santé					
Les questions en ligne de NutriNet-Santé étaient faciles à comprendre					
Déclarer <u>mes repas</u> via NutriNet-Santé était facile à faire					
Déclarer mes <u>collations</u> via NutriNet-Santé était facile à faire					
Déclarer mes <u>boissons</u> via NutriNet-Santé était facile à faire					
La longueur du questionnaire NutriNet-Santé en ligne était acceptable					
Rapporter mon alimentation pendant 3 jours dans NutriNet-Santé était facile à faire					
Cela ne me posait pas de problème de partager mes données sur mon comportement alimentaire dans NutriNet-Santé					
Il n'y a pas eu de problème technique pour remplir NutriNet-Santé					
Acceptation générale de l'ensemble de l'étude					
Il m'a été facile de respecter les conditions de l'étude					

Les conditions de l'étude ont respecté ma vie privée					
Il n'y a pas eu de problème technique					
Si une institution (par exemple, le ministère de la Santé) me proposait de participer à une étude utilisant cette méthodologie, je serais prêt à le faire					

Toutes les remarques sont les bienvenues :

.....

.....

.....

Au cas où nous aurions une question sur vos données, nous autorisez-vous à vous contacter ?

O non

O oui, mon numéro de téléphone* est

**Nous conserverons votre numéro de téléphone pendant un maximum de 12 mois après la collecte des données, après quoi nous le supprimerons. Le numéro sera stocké de manière sécurisée et ne sera accessible qu'à l'équipe de recherche.*

Annexe 8 - Correspondance entre les items du questionnaire faisabilité et les dimensions de l'acceptabilité (accéléromètres et application EMA)

Score composite	Item	Question
Acceptabilité des accéléromètres		
Charge quotidienne^a		
Charge quotidienne	Confort	Les appareils mis aux poignets étaient confortables à porter
Charge quotidienne	Confort	L'appareil fixé à la hanche était confortable à porter
Charge quotidienne	Confort	L'appareil fixé à la cuisse était confortable à porter
Charge quotidienne	Durée	Le nombre de jours (9 jours) pendant lesquels j'ai porté les appareils était acceptable
Charge quotidienne	Gêne	Le port des appareils n'a pas modifié mes habitudes quotidiennes
Facilité d'utilisation perçue	Manipulation simple	Je n'ai pas été gêné par le port des appareils
Interférence	Mesure de l'interférence	La manipulation des appareils était simple (par exemple les charger, ou les remettre)
Satisfaction éthique	Partage des données	Cela ne me posait pas de problème de partager les données recueillies par les appareils
Acceptabilité de l'application EMA		
Charge quotidienne^a		
Charge quotidienne	Port	Il était facile de garder mon téléphone sur moi toute la journée
Charge quotidienne	Réponse aux questionnaires	Répondre aux enquêtes par téléphone était rapide
Charge quotidienne	Nombre de questionnaires	Le nombre d'enquêtes par téléphone au cours de la journée était acceptable
Charge quotidienne	Perturbation	Les questions par téléphone étaient compréhensibles
Charge quotidienne	Dérangement	Recevoir les enquêtes par téléphone n'a pas été dérangent
Facilité d'utilisation perçue^a		
Perceived ease of use	Compréhension	Recevoir des enquêtes par téléphone m'a fait changer mes activités ou mon comportement alimentaire
Perceived ease of use	Questionnaires auto-initiés	Il était réalisable de signaler mes consommations d'aliments et de boissons pendant la journée dans l'application HealthReact
Perceived ease of use	Problème technique	Répondre pendant 9 jours à des enquêtes sur l'application était réalisable
Interférence	Mesure de l'interférence	Cela ne me posait pas de problème de partager mes données sur mon comportement via les enquêtes
Satisfaction éthique	Partage des données	Il n'y a pas eu de problème technique pour remplir les enquêtes

^a Score composite créé à partir de la moyenne des éléments inférieurs au score.

^b Les valeurs de cet item ont été inversées pour correspondre à la même direction que les autres variables.

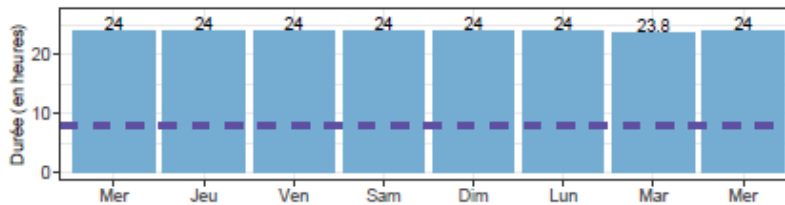
Annexe 9 – Exemple de compte rendu d'informations envoyé aux participants après le protocole, à partir des données collectées par les différents appareils accélérométriques.



ActiGraph (Date de début , Identifiant:)

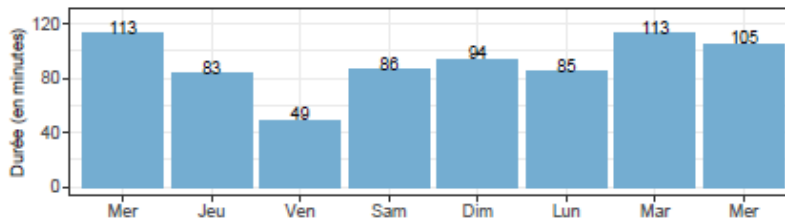
Mesure de l'Actigraph, durée par jour (en heures)

La figure montre le nombre d'heures que l'ActiGraph a enregistré chaque jour. Les jours sans mesures ainsi que le premier et le dernier jour de l'étude ne sont pas indiqués. Pour détecter de manière fiable votre activité physique au cours d'une journée, la durée ne doit pas être inférieure à la ligne pointillée.



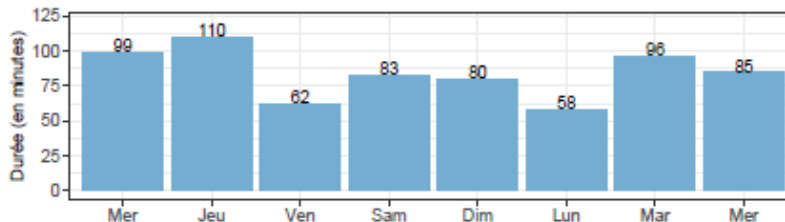
Activité physique d'intensité légère (la moyenne est 91 minutes par jour)

La figure montre le nombre de minutes que l'ActiGraph a identifié comme activité physique légère chaque jour. Les activités physiques légères sont, par exemple, la marche lente ou les activités ménagères.



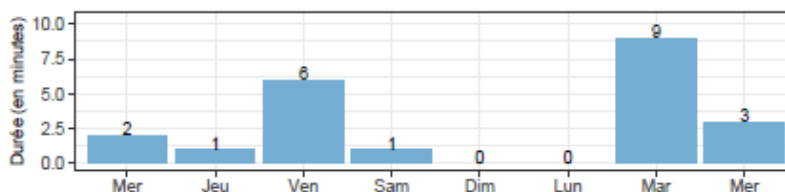
Activité physique d'intensité modérée (la moyenne est 84 minutes par jour)

La figure montre le nombre de minutes que l'ActiGraph a identifié comme activité physique modérée chaque jour. Les activités physiques modérées sont, par exemple, le vélo ou la marche rapide.

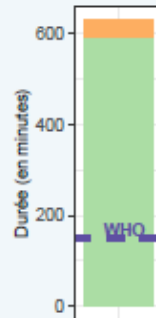


Activité physique d'intensité élevée (la moyenne est 3 minutes par jour)

La figure montre le nombre de minutes que l'ActiGraph a identifié comme activité physique intense chaque jour. Les activités physiques intenses sont, par exemple, le jogging ou le vélo rapide.



Activité par semaine



Intensité
Elevée
Modérée

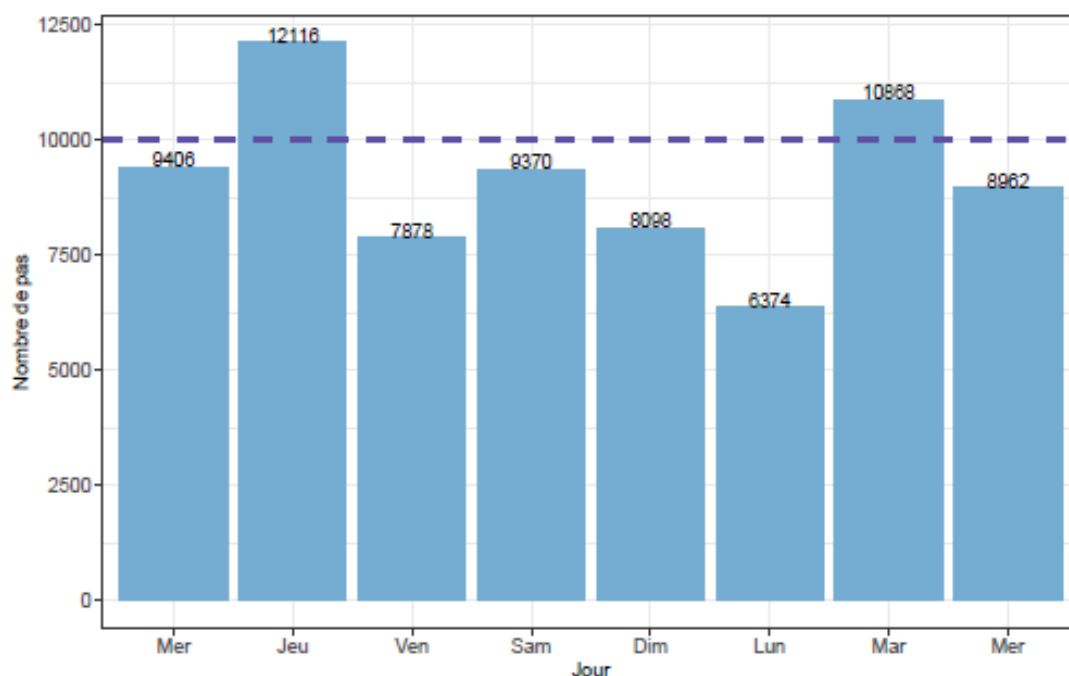
L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) recommande au moins 150 minutes d'activité physique modérée ou 75 minutes d'activité physique intense par semaine. La recommandation de l'OMS peut également être atteinte en combinant une activité physique modérée et une activité physique vigoureuse. Par exemple, 90 minutes d'activité physique modérée et 30 minutes d'activité physique vigoureuse par semaine répondent à la recommandation de l'OMS. Avec votre activité physique mesurée par l'ActiGraph, vous avez atteint les recommandations de l'OMS.



ActivPAL (Date de début : , Identifiant :)

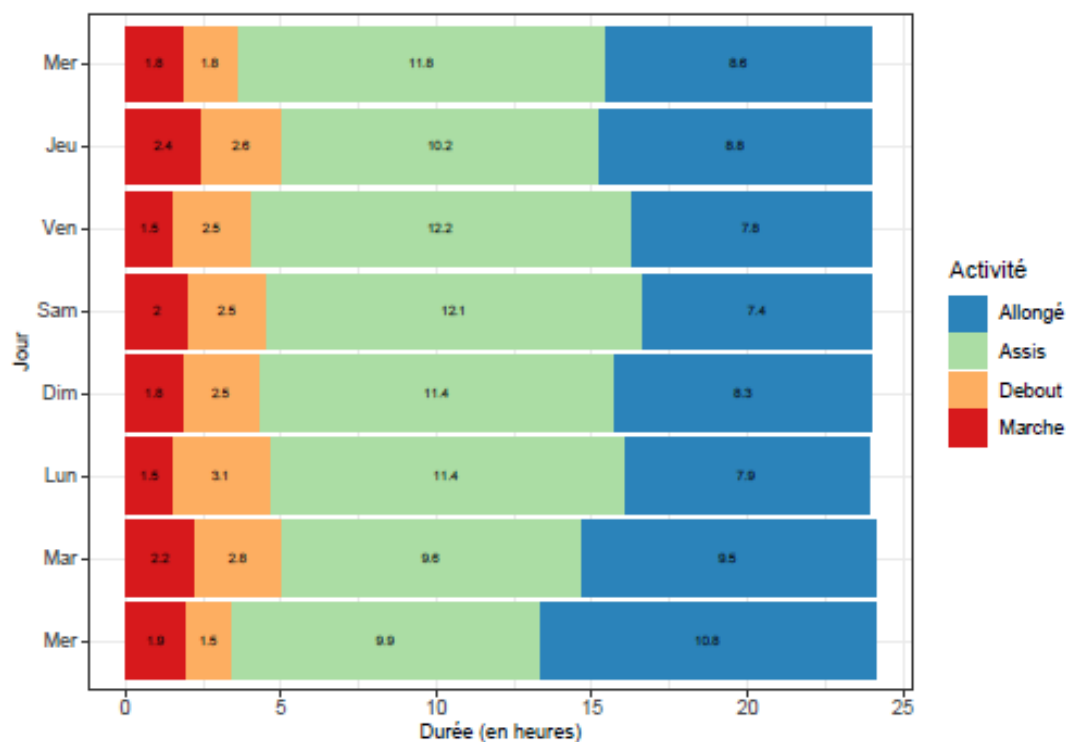
Nombre de pas par jour (la moyenne est 9134 par jour)

La figure montre combien de pas l'ActivPAL a compté chaque jour. Les jours sans mesures ainsi que le premier et le dernier jour de l'étude ne sont pas indiqués.



Activité par jour (en heure)

La figure montre pour chaque jour la durée mesurée par l'ActivPAL dans les différentes positions. Les jours sans mesures ainsi que le premier et le dernier jour de l'étude ne sont pas représentés.





Fitbit (Date de début :

Identifiant :)

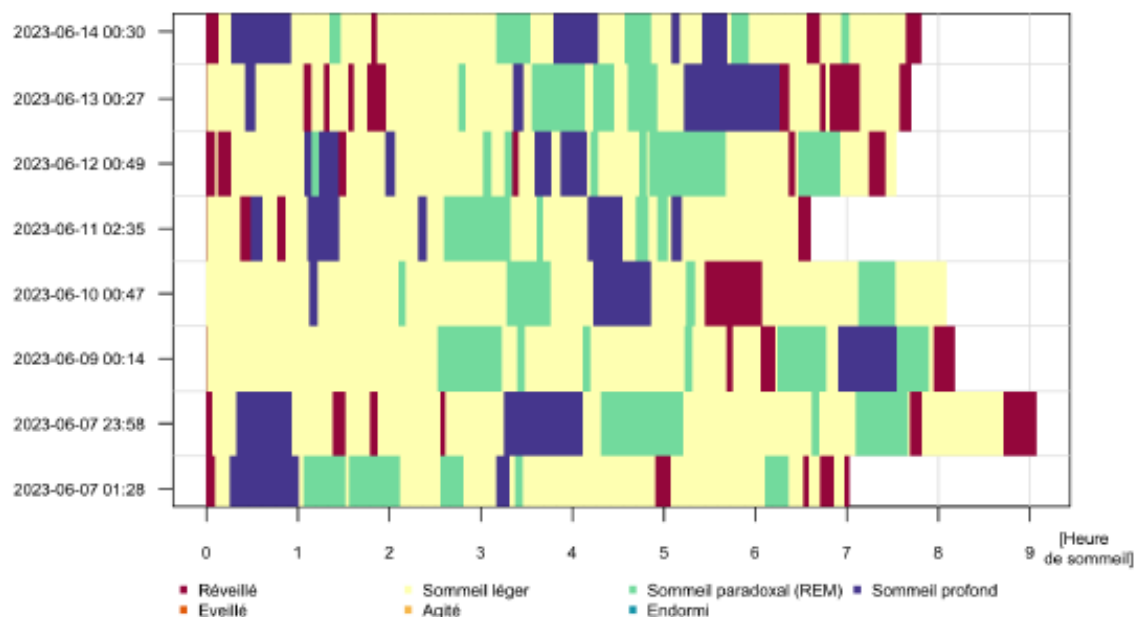
EMA

L'activité physique est associée à un certain nombre de facteurs psychologiques, dont l'humeur. En général, réaliser plus d'activité physique devrait apporter des sentiments positifs, augmenter l'énergie et réduire la tension ou les sentiments négatifs. Les graphiques suivants montrent vos réponses aux questionnaires que vous avez remplis plusieurs fois par jour. Ils montrent les changements quotidiens des niveaux d'énergie (à gauche), les évaluations des émotions positives ou négatives (au milieu) et les évaluations de la tension que vous avez rapportées tout au long de l'étude.



Sommeil

Le graphique représente la durée et les stades de votre sommeil. Lorsque la montre Fitbit est correctement portée et chargée, elle peut distinguer quatre stades de sommeil différents : réveillé, sommeil paradoxal (REM : mouvement des yeux rapides), sommeil léger, et sommeil profond. Lorsque la montre Fitbit n'est pas portée correctement, que sa batterie est faible ou qu'elle détecte le sommeil pendant la journée (sieste), elle ne distingue que trois stades : éveillé, endormi, et endormi. Vous trouverez de plus amples informations sur les stades du sommeil à l'adresse suivante : <https://blog.fitbit.com/sleep-stages-explained/>.

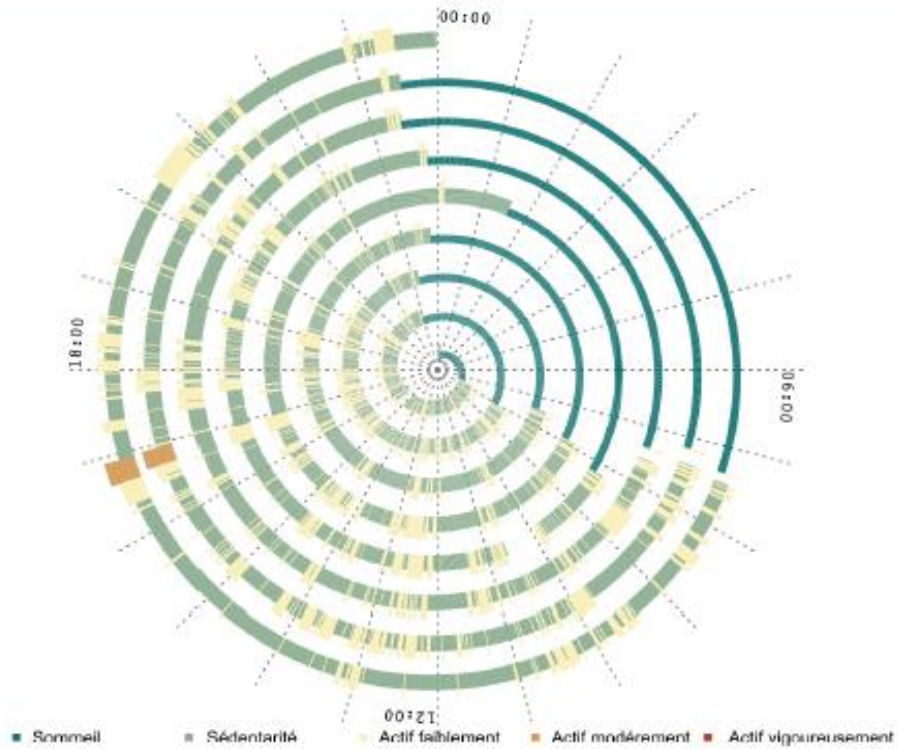




Fitbit (Date de début : _____ Identifiant : _____)

Routine quotidienne

Le graphique présente les activités quotidiennes à l'aide d'une spirale, où les heures de la journée sont représentées par des tranches d'un cercle. Chaque jour commence à minuit en haut du graphique, à 6 heures du matin à droite, à midi en bas du graphique, à 18 heures à gauche, et la journée se termine à nouveau à minuit en haut, suivie sans interruption par le jour suivant. Le premier jour commence au milieu du graphique et le dernier jour se trouve à l'extérieur du périmètre. Cette représentation vous permet de comprendre les routines quotidiennes pendant la semaine d'étude.



Abstract

While the relationships between physical behavior and health are increasingly well understood, the understanding of individual behaviors related to physical activity (PA) and sedentary behavior (SB) remains insufficiently explored from a public health perspective. Ecological Momentary Assessment (EMA) is an innovative method conducted in real-life conditions, enabling the real-time assessment of behaviors and their contexts. This doctoral work aimed to improve the measurement of daily physical behavior in real life using an objective method that accounts for the behavioral context, through EMA. First, the aim was to assess the feasibility and acceptability of this method combined with accelerometers, in order to analyze its use in an adult population. Second, the aim was to investigate the physical, social, and psychological contexts associated with PA and SB using this EMA method.

The different studies relied on an intensive ambulatory protocol combining EMA with four accelerometers worn for 7 consecutive days during daily life. The protocol involved 627 adults from Ireland, Germany, France, and the Czech Republic, recruited via convenience sampling (including 156 participants from the French center). Participants received time-based surveys through a smartphone app (randomly triggered 7 times/day), and event-based surveys triggered by a Fitbit® watch following 20 minutes of uninterrupted sitting (max 4/day), 5 minutes of walking (max 3/day), or 5 minutes of running (max 3/day). The EMA surveys included items on physical behavior, location, social context and affective states of participants at the time of the prompt. Each survey expired after 15 minutes and could be reminded up to three times. At baseline, sociodemographic variables were assessed via questionnaire, and the body mass index (BMI) was calculated from measured height and weight. After the 7-day protocol, participants completed an acceptability questionnaire.

Results highlighted that such an intensive EMA and accelerometry-based protocol was acceptable in an adult population. Higher perceived daily burden was associated with lower EMA compliance. Our second study showed that compliance was satisfactory but not entirely random, being influenced by factors such as the type of prompt (time- vs. event-based), surveys timing, smartphone operating system, education level, EMA acceptability, and adherence to wearing accelerometers. These findings underline the importance of well-designed protocols and tailored participant engagement strategies that take into account user acceptability and perceptions, to improve compliance in EMA-based research. Our third study highlighted distinct physical and social contexts between SB episodes, light-intensity PA, and moderate-intensity PA. Regarding contextual influences on behavior levels, our results showed a positive association between overall level of PA and being outdoors during PA episodes.

This doctoral research highlights the potential of EMA and accelerometer-triggered surveys to study PA and SB in adult population. This method offers a promising strategy to enrich contextual information on PA and SB, thereby improving our understanding of their determinants in the general population.

Keywords: physical activity, sedentary behavior, Ecological Momentary Assessment (EMA), accelerometry, context, behavioral determinants, public health.

Résumé

Si les relations entre le comportement physique et la santé ne cessent d'être mieux documentées, la compréhension des comportements des individus en termes d'activité physique et de sédentarité reste insuffisamment étudiée dans une perspective de santé publique. L'évaluation momentanée écologique (en anglais, Ecological Momentary Assessment, EMA) est une méthode innovante menée dans des conditions de vie libre, qui permet d'évaluer en temps réel les comportements et les contextes dans lesquels ils se produisent. Ce travail doctoral visait à améliorer la mesure du comportement physique quotidien en vie réelle par une méthode objective, et en prenant en compte le contexte de réalisation, grâce à l'EMA. Premièrement, il s'agissait d'étudier la faisabilité et l'acceptabilité de cette méthode combinée à des accéléromètres, afin d'analyser son utilisation dans une population d'adultes. Deuxièmement, il s'agissait d'étudier, grâce à cette méthode d'EMA, les contextes physiques, sociaux et psychologiques de l'activité physique et de la sédentarité grâce à cette méthode d'EMA.

Les différentes études relatives à ce travail de doctorat, s'appuient sur un protocole ambulatoire intensif combinant la méthode EMA au port de quatre accéléromètres pendant 7 jours de vie quotidienne. Le protocole a été réalisé sur 627 adultes, d'Irlande, d'Allemagne, de France et de République tchèque, recrutés par échantillonnage de commodité (dont 156 pour le centre français). En complément du port des accéléromètres, les participants ont dû répondre sur une application smartphone à des questionnaires basés sur le temps (déclenchements 7 fois par jour) et des questionnaires événementiels, déclenchés par la montre Fitbit® lors d'épisodes de 20 minutes de position assise (maximum 4/jour), d'épisodes de 5 minutes de marche (max 3/jour) ou d'épisodes de 5 minutes de course (max 3/jour). Les questionnaires EMA portaient sur le comportement physique, les états affectifs, le lieu et l'entourage social des participants au moment de l'envoi. Les questionnaires expiraient après 15 minutes, avec un maximum de trois rappels. Au départ, les variables sociodémographiques ont été évaluées à l'aide d'un questionnaire et le statut pondéral a été calculé à partir de la taille et du poids mesurés. Au terme des 7 jours de mesure, un questionnaire d'acceptabilité a été rempli par les participants.

Les résultats mettent en lumière que l'acceptabilité d'un protocole intensif basé sur l'EMA et l'accélérométrie est acceptable dans une population d'adultes. La dimension de charge quotidienne de l'acceptabilité était associée à une compliance plus faible. Notre deuxième étude a mis en avant une compliance à l'EMA satisfaisante, sans toutefois être totalement aléatoire, puisqu'elle était influencée par le type d'enquête (temporelle ou événementielle), le moment du déclenchement du questionnaire EMA, le système d'exploitation du smartphone, le niveau d'éducation, l'acceptabilité à l'EMA et l'adhésion au port des accéléromètres. Ces résultats soulignent la nécessité de concevoir de manière adaptée les protocoles et les stratégies d'engagement, en tenant compte de l'acceptabilité et de la perception des participants, afin d'améliorer la compliance dans le cadre des recherches utilisant l'EMA. Notre troisième étude a mis en évidence des contextes physiques et sociaux différents selon les épisodes de sédentarité, d'activité physique d'intensité faible et d'intensité modérée. Concernant les relations entre le contexte et le niveau des comportements, nos résultats mettent en exergue une association positive entre le niveau global d'activité physique et un contexte en extérieur lors des épisodes d'activité physique.

Ce travail de doctorat a permis de valider l'utilisation de l'EMA et des questionnaires déclenchés par accélérométrie, pour étudier les comportements d'activité physique et de sédentarité en population adulte. Cette méthode est prometteuse puisqu'en complétant l'analyse des niveaux d'AP par un recueil d'informations sur leur contexte de réalisation, elle permet ainsi de mieux étudier et comprendre les déterminants liés aux comportements d'AP et de sédentarité en population générale.

Mots-clés : activité physique, comportement sédentaire, Ecological Momentary Assessment (EMA), accélérométrie, contexte, déterminants comportementaux, santé publique.