



**HAL**  
open science

# Etude de l'intérêt des outils numériques pour évaluer et promouvoir l'activité physique chez des patients atteints de maladies chroniques

Ludivine Paris

► **To cite this version:**

Ludivine Paris. Etude de l'intérêt des outils numériques pour évaluer et promouvoir l'activité physique chez des patients atteints de maladies chroniques. Santé. Université Clermont Auvergne [2017-2020], 2018. Français. NNT : 2018CLFAC017 . tel-02408675

**HAL Id: tel-02408675**

**<https://theses.hal.science/tel-02408675>**

Submitted on 13 Dec 2019

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

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

ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES DE LA VIE ET DE  
LA SANTE – AGRONOMIE – ENVIRONNEMENT

THESE

Présentée pour obtenir le grade de

**DOCTEUR D'UNIVERSITE**

*Spécialité : Activité Physique Adaptée et Santé*

Par :

**Ludivine PARIS**

---

**Etude de l'intérêt des outils numériques pour évaluer et promouvoir  
l'activité physique chez des patients atteints de maladies chroniques**

---

Soutenue le 5 juillet 2018, devant la commission d'examen :

Président du jury : Pr Yves BOIRIE (Professeur des Universités), Université Clermont  
Auvergne, INRA Unité de Nutrition Humaine

Rapporteurs : Pr Nicole TUBIANA-MATHIEU (Professeur des Universités), CHU de  
Limoges  
Pr Pierre MARET (Professeur des Universités), Université Jean Monnet,  
Laboratoire Hubert Curien UMR CNRS 5516, Saint-Etienne

Examinateur : Dr Raksmei PHAN (Ingénieur de Recherche), Ecole des Mines, Saint-Etienne

Directrices de thèse : Pr Martine DUCLOS (Professeur des Universités), Université Clermont  
Auvergne, CHU Gabriel Montpied, INRA Unité Nutrition Humaine,  
Clermont-Ferrand  
Dr Sylvie ROUSSET (Ingénieur de Recherche), Université Clermont  
Auvergne, INRA Unité Nutrition Humaine, Clermont-Ferrand

Cette thèse est réalisée dans le cadre d'une bourse CIFRE en collaboration avec la société  
BIOMOUV, représentée par le Dr Florie FILLOL et Sébastien PASCAL.



## RESUME

---

Les maladies chroniques non transmissibles sont la première cause de mortalité évitable dans le monde. L'origine de ces maladies est multifactorielle. L'inactivité physique (IP) et la sédentarité sont progressivement devenues des facteurs de risque majeurs de ces maladies. L'activité physique (AP) régulière permet d'améliorer la santé et de prévenir les risques de comorbidités et de mortalité. L'arrivée massive des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) offre de nouveaux outils de promotion de l'AP. L'objectif de ces travaux est d'évaluer le potentiel des TIC en tant que support d'accompagnement en AP auprès de patients atteints d'une maladie chronique. Ainsi, le premier travail avait pour objectif de déterminer les connaissances, usages et intérêts des patients vis-à-vis de l'utilisation des TIC dans le parcours de soins et pour l'AP. Dans une deuxième étude, nous avons étudié l'effet d'un réentraînement supervisé de trois mois et d'un podomètre sur les intentions et les motivations vis-à-vis de l'AP, la perception de l'état de santé et le niveau d'AP et de sédentarité de sujets porteurs de pathologies chroniques. Enfin, la troisième étude portait sur l'impact d'un atelier d'information en AP Adaptée (APA) couplé à l'utilisation d'un dispositif numérique d'accompagnement personnalisé pendant un an, comparé à celui d'une brochure d'information et d'exemples d'exercices en APA, sur l'atteinte des recommandations en AP chez des patients. Ces travaux montrent que les patients atteints de maladie chronique utilisent les TIC, mais qu'ils ont des connaissances technologiques partielles. Ils sont moyennement favorables à l'utilisation de ces outils dans le domaine de la santé et de l'AP. Les patients ont besoin d'être rassurés et formés à l'utilisation de ces nouveaux outils. La prise en charge thérapeutique par l'AP est efficace pour instaurer le changement comportemental chez les patients mais ne permet pas de le maintenir sur le long terme. La remise d'un podomètre ne suffit pas à les remotiver pour pratiquer l'AP. Les résultats préliminaires de la troisième étude obtenus sur un sous-échantillon des patients indiquent qu'un atelier en APA suivi d'un accompagnement personnalisé par un dispositif numérique ou que la remise d'une brochure de conseils et d'exemples d'exercices pourrait augmenter la quantité d'AP déclarée à 12 mois. L'analyse en intention de traiter reste à faire pour confirmer ces résultats

La prise en charge thérapeutique par l'AP est efficace pour instaurer le changement comportemental, à condition que le patient soit prêt et motivé. Souvent elle ne suffit pas pour maintenir ce changement sur le long terme, révélant la nécessité d'un accompagnement personnalisé en AP, qui peut prendre plusieurs formes suivant les besoins des patients (sessions d'AP individuelles ou en groupe, dispositif numérique, brochure).

**Mots clés :** Activité physique, sédentarité, maladies chroniques non transmissibles, technologies de l'information et de la communication, accompagnement

## ABSTRACT

---

Non communicable chronic diseases are the first cause of avoidable death in the world. The origin of these diseases is multifactorial. Physical inactivity and sedentary behavior are gradually becoming major risk factors. Regular Physical Activity (PA) allows improving health and preventing the risks of comorbidity and mortality. Massive development of Information and Communication Technologies (ICT) offers new tools of PA promotion. The aim of these works is to assess the ICT as a mean to support patients with chronic diseases in their PA practice. Thus, the first study aimed to determine patients' knowledge, use and interest towards ICT applied to health and PA fields. In a second study, we studied the impact of a 3-months supervised PA program associated with a pedometer on the intentions and motivations towards PA, perceived health and active and sedentary behaviors. Finally, the third study was a one-year intervention comparing the effect of an Adapted Physical Activity (APA) workshop associated with a personalized digital system with that a guideline and examples in APA on the achievements of the PA recommendations. These works showed that patients with chronic diseases used the ICT, but they had partial technological knowledge. They were moderately in favour of the ICT use in health and the PA fields. The patients needed to be reassured and trained in the use of these new tools. Patients care by PA resulted in a significant change in behavior but did not allow maintaining it in the long term. The pedometer was not sufficient to increase PA practice. Preliminary results of the third study indicated that an APA workshop followed by a personalized digital system use or a guidelines and exercises book could increase reported PA level 12 months after the study beginning. The intent-to-treat analysis will be performed later to confirm these results.

Patients care by PA is effective to provoke behavioral changes if the patient is ready and motivated by health benefits. Often this initial care is not sufficient to keep 150 min-by week PA in the long term, revealing the need to continue the patients' accompanying. Several forms could be considered depending on patients' needs (individual or group sessions, digital device, guideline).

**Keywords:** Physical activity, sedentary, non-communicable chronic diseases, information and communication technologies, accompanying.

## REMERCIEMENTS

---

Je remercie Sylvie Rousset, Martine Duclos, Florie Fillol et Sébastien Pascal pour m'avoir donné l'opportunité de faire une thèse et pour avoir cru en mes capacités. Merci à eux pour leurs conseils et leur soutien indispensables au bon déroulement de ces trois années de recherche. Un grand merci à Sylvie et Martine pour leur encadrement scientifique et pour leur confiance depuis 2013.

Je tiens également à remercier André Mazur de m'avoir accueillie au sein de l'Unité Nutrition Humaine de l'Institut National de la Recherche Agronomique (UNH), et Yves Boire, pour son accueil dans l'équipe Alimentation et Santé Musculo-Squelettique de l'UNH (ASMS) et ses conseils avisés sur les études préparatoires aux interventions cliniques.

Je remercie également Anthony Fardet, Bruno Pereira et Aurélien Mulliez pour leurs conseils avisés et leur aide essentielle. Petit clin d'œil à tous mes collègues du groupe Well Be Net avec qui j'ai pu collaborer et acquérir de nombreuses compétences et à mes collègues de la société Biomouv qui ont su m'aider au moment opportun.

Je tiens à remercier, Aurélie Van Hoye, François Cornelis, Daphné Blourdier et Chloé Gay pour m'avoir apporté leur expertise et m'avoir conseillé sur le choix des questionnaires les plus pertinents lors de l'élaboration de l'enquête Motivactif. Je remercie également le Pr Maurice Hayot pour ses conseils pertinents lors des deux comités de suivis de thèse.

Pour la bonne réalisation de l'étude Motivactif, je tiens à remercier Mélissa Roland (CHU Estaing), Nadine Copin et Marie Heckmann (EPGV de l'Allier), Mélanie Rance et Anne-Sophie Joseph (CREPS de Vichy) et Guillaume Plaquevent (Clinique de Durtol). Je remercie tout particulièrement le personnel du service médecine du sport du CHU G.Montpied, notamment Léa, Stéphane et Gaëtan, pour leur étroite collaboration.

Je tiens bien évidemment à remercier l'ensemble des patients qui ont participé à l'enquête Motivactif et l'étude Thermactive. Sans eux, ces études n'ont pas de raison d'être.

Merci à tous mes collègues du 4<sup>ème</sup> étage, pour les pauses cafés gourmandes et énigmatiques et pour les soirées fléchettes de haute précision. Mention spéciale pour Omar qui m'a largement aidée à démêler tous les nœuds du service de visio de Renater, à construire des formules Excel avec d'innombrables fonctions, et pour tous les bons plans.

Je remercie tous les membres de Doct'Auvergne avec qui j'ai pu collaborer au cours de mes 3 années de service au sein de l'association. Je remercie évidemment Raksmei Phan qui m'a orientée dans la voie associative.

Merci à mon groupe de l'IUT qui est toujours une source revitalisante. Je souhaite également remercier toutes les filles de la « Family » pour être fidèlement présentes depuis plus de 7 ans au rendez-vous du 23 Décembre à l'Oregans. Un merci tout particulier à Nanou pour nos soirées à chacun de mes passages sur Laval et à mon double « HonoLulu » qui, malgré la distance, est toujours à mes côtés.

Un très très grand merci à Baptiste, Morue, Vincent, Lulu, Ju, Cé et JB pour tous ces bons moments passé ensemble depuis maintenant 7 ans. Un énorme MERCI à eux pour ce fidèle soutien et pour cette amitié en or.

Un merci tout particulier à mes parents qui m'ont toujours soutenu dans mes choix. Merci à ma maman de toujours m'écouter attentivement et chaleureusement. Je remercie aussi mon grand frère pour sa fidèle hospitalité à chacun de mes passages sur Paris.

Enfin je souhaite plus que tout remercier ma moitié qui m'a encouragée (et surtout qui m'a supportée) tout au long de cette thèse.

La communication est le maître mot de toutes relations, en amour, en amitié, en famille, avec ses pairs et son public.

## **PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS**

### Publications en premier auteur

- **Paris L**, Duclos M, Guidoux R, Lamaudière N, Rousset S “Evaluation of physical activity intensities and energy expenditure in overweight and obese adults” International Journal of Sports and Exercise Medicine 2016, 2(2).
- **Paris L**, Fardet A, Duclos M, Fillol F, Rousset S. Effectiveness of information and communication technologies to promote physical activity in patients with chronic diseases: a systematic review of reviews. Health and Technology (en soumission).

### Publications en co-auteur

- Rousset S, Guidoux R, **Paris L**, Farigon N, Boirie Y, Lacomme P, Phan R, Ren L, Saboul D, Duclos M. “eMouveRecherche: the first scientific application to promote light-intensity activity for the prevention of chronic diseases” Biology Engineering and Medicine, 2018. 3(1):1-6
- Rousset S, Guidoux R, **Paris L**, Farigon N, Miolanne M, Lahaye C, Duclos M, Boirie Y, Saboul D. “A Novel Smartphone Accelerometer Application for Low-Intensity Activity and Energy Expenditure Estimations in Overweight and Obese Adults” Journal of Medical Systems, 2017. 41(117):1-10.
- Duclos M, Fleury G, Guidoux R, Lacomme P, Lamaudière N, Manenq P-H, **Paris L**, Ren L, Rousset S “Use of smartphone accelerometers and signal energy for estimating energy expenditure in daily-living conditions” Current Biotechnology, 2015. 4(1).
- Guidoux R, Duclos M, Fleury G, Lacomme P, Lamaudière N, Manenq P-H, **Paris L**, Ren L, Rousset S "A smartphone-driven methodology for estimating physical activities and energy expenditure in free living conditions” Journal of Biomedical Informatics, 2014. 52:271-278. DOI: 10.1016/j.jbi.2014.07.009.
- Cissoko J, Duclos M, Fardet A, Lacomme P, **Paris L**, Régnier F, Rousset S. « La santé personnalisée : les objets connectés pour adopter de nouveaux comportements » Pratiques en Nutrition, 2017. 50 :30-36.

## Communications orales et posters

- **Paris L**, Rousset S, Fillol F Duclos M. « Intérêt des outils numériques pour maintenir les effets positifs d'un réentraînement chez des malades chroniques ? » Les journées de l'Ecole Doctorale SVSAE, les 18 et 19 Mai 2017 (Poster)
- **Paris L**. Concours Ma Thèse en 180 secondes. « La santé 3.0 : Impact des nouvelles technologies sur les comportements en activité physique chez les malades chroniques » - Finale Régionale, le 12 Avril 2017, 1er Prix du public et 2ème prix du Jury.
- **Paris L**. « La santé 3.0 : des outils de suivi de la nutrition et de l'activité physique en conditions habituelles de vie ». Les Assises de Nutrition et Métabolisme, 5 Novembre 2015 (Oral)
- **Paris L**, Debout-Miolanne M, Farigon N, Duclos M, Boirie Y, Guidoux R, Lamaudière N, Manenq PH, Rousset S. « L'algorithme PREDEE-OW intègre l'application eMouve-Recherche pour évaluer la sédentarité et la dépense énergétique totale chez les personnes en surcharge pondérale » Les Rencontres scientifiques CENS, 2 et 3 octobre 2014, Lyon (Poster)

## Table des matières

|  |    |
|--|----|
| Résumé .....   | 1  |
| Abstract .....   | 2  |
| Remerciements .....  | 3  |
| Publications et communications .....   | 5  |
| Liste des Tableaux.....  | 13 |
| Liste des Figures.....   | 14 |
| Liste des Annexes.....   | 16 |
| Liste des Abréviations .....   | 17 |
| I. Introduction .....  | 19 |
| I.1 L'évolution des modes de vie et des comportements.....   | 19 |
| I.1.1 Vers un mode de vie de plus en plus inactif et sédentaire.....   | 19 |
| I.1.1.1 Description du mode de vie des chasseurs-cueilleurs.....   | 19 |
| I.1.1.2 Evolution des modes de vie après la révolution agricole.....   | 20 |
| I.1.1.3 Evolution des modes de vie après la révolution industrielle.....   | 21 |
| I.1.2 Edition des recommandations en activité physique .....   | 22 |
| I.1.2.1 Définition de l'activité physique et de la sédentarité.....  | 22 |
| I.1.2.2 Recommandations pour la population générale .....  | 23 |
| II. Contexte bibliographique .....   | 27 |
| II.1 La pandémie des Maladies Chroniques Non Transmissibles (MCNT).....  | 27 |
| II.1.1 Définition, prévalence et coûts.....  | 27 |
| II.1.2 Les facteurs de risque .....  | 30 |
| II.1.2.1 L'inactivité physique et la sédentarité .....   | 32 |
| II.1.2.1.1 Les profils d'inactivité physique et de sédentarité.....  | 32 |
| II.1.2.1.2 Prévalences de l'inactivité physique et de la sédentarité dans la population<br>générale et chez les sujets porteurs de pathologie chronique.....       | 32 |
| II.1.2.1.3 Impact de l'inactivité physique et de la sédentarité sur les taux de<br>mortalité, les risques de développer une MCNT et la composition corporelle..... | 36 |

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| II.1.2.2     | Les autres facteurs comportementaux : alimentation déséquilibrée, usage du tabac et consommation d'alcool..... | 43 |
| II.1.2.3     | Les facteurs socio-économiques et psychologiques des MCNT.....   | 44 |
| II.1.3       | Prise en charge thérapeutique par les modifications du mode de vie.....  | 47 |
| II.1.3.1     | Les théories utilisées pour motiver le changement comportemental .....   | 48 |
| II.1.3.1.1   | Le modèle transthéorique (Prochaska).....  | 48 |
| II.1.3.1.2   | La théorie de l'action raisonnée .....   | 49 |
| II.1.3.1.3   | La théorie de l'auto-détermination.....  | 50 |
| II.1.3.1.4   | La théorie sociale cognitive .....   | 51 |
| II.1.3.2     | Les programmes de réentraînement pour les patients chroniques .....  | 52 |
| II.1.3.2.1   | L'Activité Physique Adaptée (APA) .....  | 52 |
| II.1.3.2.2   | Les activités cardio-respiratoires .....   | 54 |
| II.1.3.2.3   | Le renforcement musculaire.....  | 55 |
| II.1.3.2.4   | Les entraînements combinés .....   | 56 |
| II.1.3.2.5   | Les bienfaits de l'activité physique en prévention secondaire et tertiaire                                     | 57 |
| II.1.3.2.5.1 | Les bienfaits sur les fonctions cardiovasculaires et respiratoires ...   | 58 |
| II.1.3.2.5.2 | Les bienfaits sur la composition corporelle, les métabolismes glucidique et lipidique, et l'inflammation ..... | 59 |
| II.1.3.2.5.3 | Les bienfaits sur le muscle, l'os et la prévention des chutes.....   | 60 |
| II.1.3.2.5.4 | Les bienfaits sur le bien-être, la qualité de vie et la fatigue.....   | 62 |
| II.2         | Les mesures de l'activité physique.....  | 63 |
| II.2.1       | Les principales caractéristiques de l'activité physique .....  | 63 |
| II.2.2       | Les outils de mesure .....   | 67 |
| II.2.2.1     | Les mesures de référence .....   | 67 |
| II.2.2.2     | Les méthodes d'estimation objective de l'activité physique fondée sur l'accélérométrie .....                   | 70 |
| II.2.2.2.1   | Les principaux capteurs de recherche .....   | 70 |

|   |   |     |
|---|---|-----|
| II.2.2.2.2  | La reconnaissance des activités physiques à partir des données d'accélérométrie collectées par des objets connectés ordinaires..... | 74  |
| II.2.2.2.3  | Les outils d'estimation de l'AP utilisés par le grand public .....  | 77  |
| II.2.2.3  | Les mesures subjectives de l'activité physique.....   | 77  |
| II.2.2.3.1  | Les questionnaires d'activité physique .....  | 78  |
| II.3  | L'essor de la e-santé.....  | 81  |
| II.3.1  | Les différents domaines de la e-santé .....   | 83  |
| II.3.1.1  | Les système d'information de santé (SIS) et hospitaliers (SIH).....   | 83  |
| II.3.1.2  | La télésanté .....  | 84  |
| II.3.1.2.1  | La télémédecine .....   | 84  |
| II.3.1.2.2  | La m-santé.....   | 84  |
| II.3.2  | L'impact de la e-santé sur les comportements en AP des patients ayant une maladie chronique .....                                   | 86  |
| Chapitre 1 : Etude Connaiss-TIC. Caractérisation des connaissances et des usages des technologies de l'information et de la communication dans une population de patients atteints de maladie chronique ..... |   |     |
|   |   | 89  |
| I.  | Objectif.....   | 90  |
| II.   | Matériels et méthodes.....  | 90  |
| II.1  | Elaboration d'une enquête sur les connaissances et les usages des TIC .....   | 90  |
| II.2  | La population de l'étude.....   | 91  |
| II.3  | Les analyses statistiques .....   | 92  |
| III.  | Résultats .....   | 92  |
| III.1   | Caractéristiques de la population interrogée .....  | 92  |
| III.2   | Les connaissances et les usages des TIC dans la population interrogée .....   | 95  |
| IV.   | Discussion .....  | 104 |
| Chapitre 2 : Etude Motivactif. Impact d'un réentraînement et d'un podomètre sur l'évolution de la pratique de l'activité physique chez des patients atteints de maladie chronique.....                        |   |     |
|   |   | 113 |
| I.  | Objectif.....   | 114 |

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| II.     | Matériels et méthodes.....  | 115 |
| II.1    | La population de l'étude.....   | 115 |
| II.2    | Protocole expérimental.....   | 115 |
| II.3    | Enquête de caractérisation des intentions, motivations, de l'état de santé et des comportements actif et sédentaire .....   | 116 |
| II.3.1  | Les données anthropométriques et la condition physique.....   | 116 |
| II.3.2  | Les intentions et les motivations vis-à-vis de l'activité physique .....  | 117 |
| II.3.3  | Les douleurs articulaires et l'auto-efficacité pour les gérer .....   | 118 |
| II.3.4  | La perception générale de la santé .....  | 118 |
| II.3.5  | La qualité de vie .....   | 119 |
| II.3.6  | L'activité physique .....   | 119 |
| II.4    | Les analyses statistiques.....  | 119 |
| II.4.1  | Analyses statistiques sur les trois groupes lors de la première enquête .....   | 119 |
| II.4.2  | Analyses statistiques réalisées sur le groupe 1 à T0, T3 et T6.....   | 120 |
| II.4.3  | Analyses statistiques effectuées sur les trois groupes évalués à 6 mois d'intervalle<br>121   |     |
| III.    | Résultats .....   | 121 |
| III.1   | Effet initial du groupe, du sexe et de la classe d'âge sur les intentions de changement de comportement, les motivations, l'état de santé et le comportement actif et sédentaire. 121 |     |
| III.1.1 | Les données anthropométriques .....   | 122 |
| III.1.2 | La capacité physique d'endurance .....  | 123 |
| III.1.3 | Le stade de changement comportemental .....   | 123 |
| III.1.4 | La régulation de la motivation .....  | 123 |
| III.1.5 | Les douleurs articulaires.....  | 124 |
| III.1.6 | La perception générale de la santé .....  | 125 |
| III.1.7 | La qualité de vie physique et mentale .....   | 125 |
| III.1.8 | Les temps dédiés aux différents domaines de l'activité physique.....  | 125 |

|   |   |     |
|---|---|-----|
| III.2   | L'évolution des comportements, des motivations et de l'état de santé du Groupe 1 au cours des 6 mois d'enquête.....                         | 127 |
| III.2.1   | Les données anthropométriques (Poids, IMC).....   | 128 |
| III.2.2   | La capacité physique d'endurance .....  | 128 |
| III.2.3   | Le stade de changement de comportement de Prochaska .....   | 128 |
| III.2.4   | La régulation de la motivation .....  | 128 |
| III.2.5   | Les douleurs articulaires.....  | 129 |
| III.2.6   | La perception générale de la santé .....  | 130 |
| III.2.7   | La qualité de vie physique et mentale .....   | 132 |
| III.2.8   | Les temps dédiés aux différents domaines d'activité physique et à la sédentarité  | 133 |
| III.3   | L'évolution des intentions de changement de comportement, des motivations, de l'état de santé et des activités dans les trois groupes ..... | 138 |
| III.3.1   | Evolution des données anthropométriques (Poids et IMC).....   | 138 |
| III.3.2   | Evolution des intentions de changement comportemental.....  | 138 |
| III.3.3   | Evolution de la régulation de la motivation .....   | 139 |
| III.3.4   | Evolution des douleurs articulaires .....   | 140 |
| III.3.5   | Evolution de la perception générale de la santé .....   | 140 |
| III.3.6   | Evolution de la qualité de vie physique et mentale .....  | 141 |
| III.3.7   | Evolution du temps passé assis et des temps dédiés aux activités physiques ..   | 141 |
| IV.   | Discussion .....  | 143 |
| Chapitre 3 : Etude Thermactive. Impact d'une cure thermique et d'un système digital complet de promotion de l'activité physique sur l'atteinte de recommandation en activité physique à long terme..... |   |     |
| I.  | Objectif.....   | 153 |
| II.   | Matériels et méthodes.....  | 154 |
| II.1  | Protocole et population de l'étude.....   | 154 |
| II.2  | L'intervention.....   | 155 |

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| II.3     | Les variables mesurées .....   | 157 |
| II.4     | Analyses statistiques .....  | 160 |
| II.4.1   | Le nombre de sujets à inclure .....  | 160 |
| II.4.2   | Analyses statistiques des données collectées .....   | 160 |
| II.4.2.1 | Evaluation du critère principal .....  | 160 |
| II.4.2.2 | Evaluation d'un critère secondaire, la qualité de vie (SF12) .....   | 161 |
| II.4.3   | L'évaluation objective de l'AP par eMouveRecherche .....   | 161 |
| III.     | Résultats .....  | 162 |
| III.1    | Les caractéristiques de la population totale de l'étude.....   | 162 |
| III.2    | Evolution de la proportion de patients atteignant les recommandations en AP (d'après l'analyse de l'IPAQ)..... | 164 |
| III.3    | Evolution de la qualité de vie à 6 et 12 mois .....  | 165 |
| III.4    | Evolution du nombre de pas effectués dans le groupe Intervention.....  | 165 |
| III.5    | Evaluation objective de l'AP au moyen d'eMouveRecherche.....   | 166 |
| III.5.1  | Les caractéristiques des patients lors de la première mesure .....   | 166 |
| III.5.2  | L'évolution des données anthropométriques et de l'AP au cours de l'étude ...                                   | 169 |
| IV.      | Discussion et conclusion .....   | 172 |
|          | Conclusion générale et perspectives.....   | 176 |
|          | Références .....   | 179 |
|          | Annexes .....  | 187 |

## LISTE DES TABLEAUX

|   |     |
|---|-----|
| Tableau 1 : Recommandations en activité physique et sédentarité pour la population générale .....   | 24  |
| Tableau 2 : Espérance de vie, espérance de vie en bonne santé et durée de vie sans incapacité en 2015 .....   | 27  |
| Tableau 3 : Classification des 25 facteurs les plus influents dans les comportements actifs... 47   |     |
| Tableau 4 : Récapitulatif des effets bénéfiques de l'activité physique sur les paramètres de l'état de santé.....   | 63  |
| Tableau 5 : Principales équations de prédiction utilisées pour estimer la Dépense Energétique de Repos .....  | 66  |
| Tableau 6 : Caractéristiques des principaux questionnaires d'activité physique.....   | 81  |
| Tableau 7 : Caractéristiques globales des patients .....  | 92  |
| Tableau 8 : Caractéristiques des patients selon le sexe et la classe d'âge .....  | 93  |
| Tableau 9 : Impact du sexe, de la classe d'âge et de la catégorie socio-professionnelle sur les connaissances et l'utilisation des TIC. ....  | 100 |
| Tableau 10 : Les caractéristiques globales des patients selon le groupe d'étude .....   | 122 |
| Tableau 11 : Répartition des patients atteignant les recommandations ou non selon le sexe, la classe d'âge et le groupe .....   | 127 |
| Tableau 12 : Répartition des patients du groupe 1 dans les classes d'âge selon le sexe et la pathologie .....   | 128 |
| Tableau 13 : Matrice des coefficients de corrélation (r) entre les variables de motivation, de perception de la santé, de qualité de vie et d'activité évaluées aux trois périodes chez les patientes et les patients du groupe 1 ..... | 136 |
| Tableau 14 : Caractéristiques générales à l'inclusion des groupes Contrôle et Intervention (moyenne $\pm$ écart-type) .....   | 164 |
| Tableau 15: Evolution de la proportion de patients atteignant les recommandations de 150 minutes d'AP d'intensité modérée par semaine au cours de l'étude .....   | 164 |
| Tableau 16 : Evolution de la quantité d'AP totale (MET.min/semaine) dans les groupes Contrôle et Intervention au cours de l'étude .....   | 165 |
| Tableau 17 : Evolution des composantes physique et mentale de la qualité de vie dans les groupes Contrôle et Intervention au cours de l'étude (moyenne $\pm$ écart-type).....   | 165 |
| Tableau 18 : Evolution du nombre de pas quotidiens dans le groupe Intervention au cours de l'étude (n = 53).....  | 166 |

|   |     |
|---|-----|
| Tableau 19 : Répartition des patients selon sexe, le centre thermal, le statut pondéral et la classe d'âge .....  | 167 |
| Tableau 20 : Influence du groupe sur les caractéristiques anthropométriques, la capacité physique et les durées de sédentarité, et d'activités d'intensité légère, modérée et élevée (moyenne $\pm$ écart-type) ..... | 168 |

## LISTE DES FIGURES

|   |    |
|---|----|
| Figure 1 : Proportion globale des décès avant l'âge de 70 ans (2012) .....  | 28 |
| Figure 2 : La chaîne de causalité des maladies cardiaques ischémiques.....  | 32 |
| Figure 3 : Prévalence de l'inactivité physique par catégorie d'âge et dans différentes régions du monde .....   | 33 |
| Figure 4 : Prévalence de l'atteinte des recommandations en activité physique selon la maladie chronique.....  | 36 |
| Figure 5 : Risques de mortalités associés au niveau d'activité physique et au temps de sédentarité .....  | 40 |
| Figure 6 : Risques de mortalité associés à la sédentarité (A), l'activité physique légère (B), modérée et élevée (C).....                             | 41 |
| Figure 7 : Modèle de l'évitement de la peur de la douleur chronique .....   | 42 |
| Figure 8: Modèle des effets cumulés des modifications épigénétiques et des facteurs modes de vie sur le profil de risque de maladies chroniques. .... | 44 |
| Figure 9 : La théorie de l'action raisonnée .....   | 50 |
| Figure 10 : Les motivations le long du continuum de l'auto-détermination.....   | 51 |
| Figure 11 : La théorie sociale cognitive .....  | 52 |
| Figure 12 : Exercice de renforcement musculaire en excentrique sur ergocycle.....   | 55 |
| Figure 13 : Organisation des systèmes d'information autour de la santé .....  | 83 |
| Figure 14 : Le nombre de patients par profil clinique.....  | 95 |
| Figure 15 : Le nombre de patients par profil clinique selon les comorbidités .....  | 95 |
| Figure 16 : Les différentes raisons d'utilisation d'Internet .....  | 96 |
| Figure 17 : Les objets connectés connus par classe d'âge parmi les patients connaissant les objets connectés .....                                    | 96 |
| Figure 18 : Les raison d'utilisation du smartphone parmi les patients possédant un smartphone .....   | 97 |
| Figure 19 : Les types d'applications mobiles utilisées .....  | 98 |

|  |     |
|--|-----|
| Figure 20 : Les raisons des patients favorables à l'utilisation des TIC dans le parcours de soin .....                                 | 102 |
| Figure 21 : Les raisons des patients défavorables à l'utilisation des TIC dans le parcours de soin .....                               | 102 |
| Figure 22 : Les raisons des patients favorables à l'utilisation des TIC pour l'activité physique .....                                 | 103 |
| Figure 23 : Les raisons des patients défavorables à l'utilisation des TIC pour l'activité physique .....                               | 104 |
| Figure 24 : Modèle théorique de la UTAUT adaptée à l'utilisation d'une application mobile nutritionnelle. ....                         | 110 |
| Figure 25 : Influence des variables sur l'intention d'utiliser une application mobile .....  | 110 |
| Figure 26 : Schéma expérimental de l'étude.....  | 116 |
| Figure 27 : Les scores moyens des régulations de la motivation selon le sexe (moyenne $\pm$ écart-type).....                           | 124 |
| Figure 28 : Le temps de dérouillage matinal moyen selon la classe d'âge (moyenne $\pm$ écart-type) .....                               | 124 |
| Figure 29 : Répartition des temps d'AP par domaines selon la classe d'âge .....  | 125 |
| Figure 30 : Influence du groupe et du sexe sur le pourcentage de temps dédié aux tâches ménagères.....                                 | 126 |
| Figure 31 : Effet du temps sur les niveaux de régulations de la motivation chez les patients du groupe 1 .....                         | 129 |
| Figure 32 : Effet du temps et de la classe d'âge sur le niveau la régulation intrinsèque .....   | 129 |
| Figure 33 : Effet du temps sur les perceptions de la condition physique et de l'équilibre alimentaire des patients du groupe 1 .....   | 130 |
| Figure 34 : Effet du temps et de la classe d'âge sur les perceptions de la santé générale.....   | 131 |
| Figure 35 : Effet du temps et du sexe (a) ou de la classe d'âge (b) sur l'absence de stress des patients du groupe 1 .....             | 132 |
| Figure 36 : Effet du temps et de la classe d'âge (a) ou du sexe (b) sur la qualité de vie mentale (MCS) des patients du groupe 1 ..... | 133 |
| Figure 37 : Effet du temps et du sexe sur le pourcentage de temps d'AP dans le groupe 1 ...  | 134 |
| Figure 38 : Représentation des variables quantitatives et des sous-groupes de patients dans le plan principal F1-F2 de l'ACP.....      | 137 |
| Figure 39 : Influence du temps et du groupe d'étude sur la répartition des patients dans les stades de Prochaska.....                  | 138 |

|   |     |
|---|-----|
| Figure 40 : Effet du temps et du groupe de suivi sur les niveaux de la régulation externe (a) et intrinsèque (b) .....              | 139 |
| Figure 41 : Effet du temps et du groupe de suivi sur les perceptions de la condition physique (a) et de la santé générale (b) ..... | 141 |
| Figure 42 : Effet du temps et du groupe de suivi sur le temps dédiés aux tâches ménagères (a) et aux activités de loisir (b) .....  | 142 |
| Figure 43 : Le dispositif numérique élaboré par Biomouv : Thermactive .....   | 156 |
| Figure 44 : Schéma expérimental de l'étude Thermactive .....  | 159 |
| Figure 45 : Evolution des effectifs dans les groupes Contrôle et Intervention au cours de l'étude .....                             | 163 |
| Figure 46 : Relation linéaire entre l'IMC et le temps de sédentarité (%) ou l'AP d'intensité légère (%) .....                       | 169 |
| Figure 47 : Effet du temps et du groupe sur l'intensité moyenne (MET.min <sup>-1</sup> ) .....                                      | 170 |
| Figure 48 : Effet du temps et du groupe sur l'AP d'intensité modérée (%) .....  | 171 |
| Figure 49 : Effet du temps et du groupe sur l'AP d'intensité élevée (%) .....   | 171 |

## **LISTE DES ANNEXES**

|  |     |
|--|-----|
| Annexe 1 : Publications scientifiques .....  | 187 |
| Annexe 2 : Récapitulatifs des caractéristiques des différentes mesures de l'AP .....   | 215 |
| Annexe 3 : Tableau des recommandations en Activité Physique Adaptée .....  | 216 |
| Annexe 4 : Caractérisation des connaissances et usages des TIC .....   | 222 |
| Annexe 5 : Caractérisation des profils intentionnels, motivation, de l'état de santé et des comportements .....  | 226 |
| Annexe 6 : Récapitulatifs des résultats de la comparaison des premières enquêtes et des évolutions entre les trois groupes de suivi (Motivactif) ..... | 242 |
| Annexe 7 : Tests de capacités physiques .....  | 245 |
| Annexe 8 : Brochure d'information sur les bienfaits de l'AP et exemples d'exercices adaptés à l'arthrose .....   | 248 |
| Annexe 9: IPAQ version courte .....  | 257 |

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

ALD : Affection de Longue Durée

ANSES : Agence Nationale de la Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail

AP : Activité Physique

APA : Activité Physique Adaptée

AVC : Accident Vasculaire Cérébral

BPCO : Broncho Pneumopathie Chronique Obstructive

BREQ 2 : Behavioral Regulation for Exercise Questionnaire 2

CHU : Centre Hospitalier Universitaire

CNIL : Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés

CREPS : Centre de Ressources, d'Expertise et de Performance Sportives

DE : Dépense Energétique

DEAP : Dépense Energétique liée à l'Activité Physique

DER : Dépense Energétique de Repos

DET : Dépense Energétique Totale

DETh : Dépense Energétique liée à la Thermogénèse

DMO : Densité Minérale Osseuse

DT2 : Diabète de Type 2

EDM : Eau Doublement Marquée

EPGV : Education Physique et Gymnastique Volontaire

EVA : Echelle Visuelle Analogique

HAS : Haute Autorité de Santé

HDL : High Density Lipoprotein

IMC : Indice de Masse Corporelle

INCA : Etude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires

INPES : Institut National de Prévention et d'Education pour la Santé

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

INSERM : Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale

IP : Inactivité Physique

IPAQ : International Physical Activity Questionnaire

MCNT : Maladie Chronique Non Transmissible

MCV : Maladie CardioVasculaire

MET : Metabolic Equivalent Task

MTT : Modèle Transthéorique

OECD : Organisation for Economic Cooperation and Development

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PNNS : Programme National Nutrition Santé

QR : Quotient respiratoire

RPAQ : Recent Physical Activity Questionnaire

SF12 et SF36 : Short Form 12 questions et 36 questions

SMS : Short Message Service

SUMER : Surveillance Médicale des Expositions aux Risques Professionnels

SWA : SenseWear Armband®

TIC : Technologie de l'Information et de la Communication

UIT : Union Internationale de la Télécommunication

UTAUT : Théorie Unifiée de l'Acceptation et de l'Utilisation des Technologies

VCO<sub>2</sub> : Volume de Dioxyde de Carbone expiré (mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>)

VEMS : Volume Expiratoire Maximal en 1 Seconde

VO<sub>2</sub> : Volume d'Oxygène consommé (mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>)

VO<sub>2max</sub> : Volume Maximal d'Oxygène consommé (ou VO<sub>2peak</sub> dans certaine condition)

# I. Introduction

## I.1 L'évolution des modes de vie et des comportements

Depuis des milliers d'années l'Homme s'est adapté à son environnement pour pouvoir survivre. Dans l'histoire de l'Homme moderne pour comprendre l'apparition des nouveaux modes de vie, deux grandes révolutions sont à prendre en compte. La première est l'arrivée de l'agriculture au cours du Néolithique, et la deuxième est la révolution industrielle du XVIII<sup>ème</sup> au XIX<sup>ème</sup> siècle. Ces deux périodes vont influencer et modifier les comportements de l'Homme, et notamment son comportement d'Activité Physique (AP). D'autres révolutions de type mécanique et technologique suivront avec pour objectif d'épargner l'effort physique.

### I.1.1 Vers un mode de vie de plus en plus inactif et sédentaire

#### I.1.1.1 Description du mode de vie des chasseurs-cueilleurs

Selon Chauveau et al. (2013) <sup>1</sup>, c'est le génome qui détermine les réponses adaptées à l'environnement. Bien que notre environnement, comme nous allons le voir par la suite, ait connu de nombreux bouleversements, l'Homme a, jusqu'à maintenant, toujours su s'adapter. Néanmoins, le génome de l'Homme n'a quasiment pas changé, puisque 99% de notre héritage génétique provient du Paléolithique. A titre d'exemple, notre capacité à marcher date d'il y a 3,9 millions d'année, puisque les premiers signes de bipédie apparaissent chez Australopithecus afarensis. Les civilisations du Paléolithique avaient une mortalité infantile très élevée, et vivaient en moyenne 22 ans seulement <sup>1</sup>. Néanmoins, l'étude des restes osseux ne rapporte aucune trace de carences nutritionnelles, avec une taille moyenne équivalente à celle des hommes de nos jours. Il semble alors que l'Homme du Paléolithique ne vivait certes pas longtemps, mais il vivait en bonne santé. Il convient donc d'étudier un peu plus en profondeur leurs modes de vie. A cette époque, l'Homme est qualifié de « chasseur-cueilleur », puisque la chasse, la pêche et la cueillette constituent les principaux modes de subsistance. La chasse est plutôt réservée aux hommes à raison d'une à quatre fois par semaine, et la cueillette, pour les femmes, de deux à trois fois par semaine. Pour cela les humains du Paléolithique sont capables de marcher de 10 à 20 km par jour <sup>2</sup>. Une étude américaine s'est d'ailleurs intéressée aux Hazdas, un peuple de chasseurs-cueilleurs contemporains. Les résultats de cette étude, confirment un niveau élevé d'AP avec une durée moyenne de 135 minutes par jour <sup>3</sup>. Selon des données issues de l'article de Cordain et al. (1998), Homo sapiens avait une dépense énergétique associée à l'AP deux fois plus élevée qu'un employé de bureau actuel <sup>2</sup>. A cette activité de marche importante, il faut aussi ajouter le port des résultats de la chasse, parfois sur de longues distances, la fuite et le combat devant d'autres prédateurs. Ces périodes d'activités

intenses étaient entrecoupées de périodes de repos. De la même façon, des périodes de jeûne alternaient avec des périodes d'alimentation selon la productivité de la chasse et de la cueillette. C'est au cours de cette ère et grâce à ce mode de vie, que notre génome actuel s'est formé en programmant l'Homme à une vie naturellement active. En effet, la survie de l'Homme à cette époque était étroitement liée à sa capacité à bouger pour chasser, cueillir ou fuir.

#### *1.1.1.2 Evolution des modes de vie après la révolution agricole*

Le développement de l'agriculture, au cours du Néolithique, marque un premier point d'arrêt de ce mode de vie. En effet, la notion d'agriculture, implique la nécessité de rester à un endroit afin de cultiver la terre et de faire des récoltes. Ce sont les prémices de l'arrêt du nomadisme et la survenue de la sédentarisation. Les Hommes commencent alors à s'organiser en communautés puis en villages afin d'optimiser les ressources augmentant ainsi les densités de population. Ce confort social optimise de plus la protection des Hommes. Progressivement la chasse et la cueillette laissent place à l'élevage et aux cultures. L'Homme devient alors un agriculteur-éleveur. Bien que l'activité agricole à cette époque implique un travail physique important, c'est un premier pas dans le déclin de l'AP. Pour Ryan et al. (2015), ce déclin n'est pas sans conséquence. La diminution de l'AP serait l'une des causes de la fragilisation du squelette <sup>4</sup>. A l'aide de modélisations, Nowlan et al. (2011) démontrent bien que la réduction de la charge au niveau des structures osseuses a entraîné, via des systèmes de mécano-adaptation, une diminution de la taille de celles-ci <sup>5</sup>. Il en résulte par exemple une diminution de la taille des individus d'une dizaine de centimètres <sup>1</sup>. Au-delà de cet exemple, le passage à l'ère agricole s'accompagne d'un déclin général de la santé. La promiscuité induite par ce nouveau mode de vie favorise le développement des maladies infectieuses <sup>6</sup>. L'Homme devient également plus sujet aux carences et aux famines. En effet, l'alimentation, initialement riche en plantes très variées et en produits animaux, a perdu en diversité alimentaire, du fait des monocultures et d'une diminution des produits animaux <sup>1</sup>. De plus, l'arrivée des outils de cuisson des aliments, tels que la céramique, modifient la consistance de ceux-ci impliquant une moindre mastication et par conséquent une diminution de la puissance des muscles masticateurs <sup>7</sup>.

Avec l'arrivée de l'agriculture, l'AP liée aux travaux de la terre et à l'élevage, reste essentielle pour la survie de l'Homme. Néanmoins la quantité totale diminue puisque l'activité de marche est fortement réduite. Dans la Grèce antique (776 av JC), les athlètes, uniquement des hommes,

devaient concourir nus afin de refléter l'idéal de l'époque « mens sana in corpore sano »<sup>1</sup>, à savoir un équilibre harmonieux entre le corps et l'esprit. La dimension médicale de l'exercice physique voit le jour avec les travaux d'Hippocrate (460 – 370 av JC), un des pères fondateurs de la médecine moderne. En effet, la diététique et l'exercice physique tiennent des rôles fondamentaux. Hippocrate précise de plus que les exercices concernent les personnes en bonne santé, comme les malades. Il va même jusqu'à différencier les exercices qu'il qualifie de naturels comme la promenade, la musique et le chant, des exercices intenses. Il faut attendre la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle et les travaux de nombreux biologistes et physiologistes pour que le terme de médecine du sport soit évoqué. Néanmoins, malgré son importance pour la santé de l'Homme, l'AP poursuit son déclin de façon notable avec l'arrivée de l'industrie.

### *1.1.1.3 Evolution des modes de vie après la révolution industrielle*

Tout comme l'agriculture, la révolution industrielle a apporté son lot d'avantages, qui poussés à l'extrême, sont parfois devenus néfastes. Au cours de la « première révolution industrielle » qui s'est déroulée de la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle jusqu'à la fin du XIX<sup>ème</sup>, les sociétés agricoles et artisanales sont passées à l'ère commerciale et l'ère industrielle. Cette révolution est l'avènement de la machine à vapeur brevetée par James Watt en 1769. Utilisée dans un premier temps dans les usines, notamment de textile et de métallurgie, la machine à vapeur permet de mécaniser le travail physique de l'homme. Perfectionnée au fil du temps, la machine à vapeur va également permettre l'essor des locomotives et des bateaux, facilitant le transport des populations, des matières premières et des marchandises produites par les usines. Le deuxième point clé de la révolution industrielle est l'exploitation du pétrole et de l'électricité à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle. On assiste entre autres à l'arrivée de l'automobile et des moyens de télécommunication. Cela permet, une nouvelle fois, d'améliorer le quotidien des populations. D'autres inventions, qui ont marqué fortement nos modes de vie actuels, sont celles de l'ordinateur, de l'Internet puis des objets connectés. Le système de traitement automatique de l'information est issu des premiers calculateurs mécaniques et des premiers systèmes de programmation. Il faut compter plus de 150 ans de perfectionnement pour aboutir aux ordinateurs tels que nous pouvons les connaître aujourd'hui. Les premiers usages des ordinateurs débutent dans les années 1950 pour progressivement envahir le monde du travail à partir de 1970. C'est à partir des années 1990, avec l'accès à l'Internet, que les ordinateurs deviennent des outils du quotidien, utilisés à titre privé et professionnel. Les avancées technologiques ont ensuite permis de connecter des objets du quotidien tels que le téléphone ou

---

<sup>1</sup> « Un esprit sain dans un corps sain »

encore la montre. L'ensemble des technologies de l'informatique, de l'audiovisuel, des multimédias, de l'Internet et des télécommunications définissent le terme global de Technologies de l'Information et de la Communication (TIC). Ainsi, les TIC regroupent l'ordinateur, la télévision, le téléphone mobile, les tablettes, les smartphones et les objets connectés.

Initialement créées pour faciliter le travail et améliorer la qualité de vie des ouvriers et des employés, les machines, depuis la machine à vapeur jusqu'à l'ordinateur de nos jours, sont finalement à l'origine d'une automatisation du travail remplaçant la force physique par la force mécanique. Après le déclin de la marche pour chasser, c'est l'AP liée travail qui connaît une diminution progressive. Au-delà de ce déclin, la révolution industrielle va engendrer l'augmentation du temps passé assis. A titre d'exemple, aux Etats-Unis le temps de sédentarité par semaine est passé de 26 heures en 1965 à 38 heures en 2009 <sup>8</sup>, soit une augmentation de plus de 40%. A l'inverse, l'AP au travail a diminué de 40% passant de 151,7 MET.h par semaine à 89 MET.h par semaine. En France l'enquête SUMER (Surveillance Médicale des Expositions aux Risques professionnels) révèle que le travail devant un écran a fortement augmenté, concernant 52% des salariés en 2010, alors qu'en 1994 36% étaient concernés <sup>9</sup>. De plus le pourcentage de salariés passant plus de 20 heures par semaine devant un écran a lui aussi augmenté de 12% à 23%. Ainsi, les activités les plus représentatives de notre mode de vie actuel sont des activités immobiles. Ces activités occupent une part tellement élevée de notre mode de vie, qu'elles sont à l'origine d'un nouveau concept, celui de la sédentarité.

## I.1.2 Edition des recommandations en activité physique

### *I.1.2.1 Définition de l'activité physique et de la sédentarité*

De part cet historique et les divers rôles de l'AP au fil des siècles, une certaine confusion naît entre l'AP et le sport. En 1985, Caspersen et al. <sup>10</sup>, décident alors de définir l'AP comme « tout mouvement corporel produit par la contraction d'un muscle squelettique, entraînant une dépense d'énergie au-dessus de celle au repos ». Les activités sportives sont quant à elles définies comme des « activités physiques planifiées, structurées, répétitives et dont l'objectif est d'augmenter ou de maintenir des capacités physiques » <sup>10</sup>. Ainsi les activités sportives forment un sous-ensemble de l'AP. Plus globalement, l'AP peut être réalisée dans quatre contextes différents, à savoir i) le travail, ii) les activités domestiques, iii) le transport et iv) les loisirs dans lesquels on distingue les activités non structurées et les activités structurées, c'est-à-dire le sport <sup>11</sup>.

Comme nous l'avons précisé auparavant, les nouveaux modes de vie, caractérisés par de longues périodes passées en position assise, ont conduit à la définition d'un nouveau concept. L'étymologie du mot sédentarité provient du latin « sedere » qui signifie « être assis ». La sédentarité se définit alors comme « tout comportement éveillé en position assise ou allongée et ayant une dépense énergétique proche de celle de repos »<sup>12</sup>. A ce jour, le seuil de sédentarité néfaste pour la santé n'a pas encore été clairement défini. Néanmoins selon Chau et al.<sup>13</sup>, chaque heure supplémentaire passée en position assise augmente le risque de mortalité de 2% entre 3 et 7 heures de sédentarité et de 5% au-delà de 7 heures de sédentarité. Ces valeurs seuils de 3 et 7 heures sont notamment utilisées dans l'étude INCA 3<sup>2</sup>. Dans cette étude, un individu est considéré comme sédentaire s'il passe plus de 3 heures assis par jour.

#### *1.1.2.2 Recommandations pour la population générale*

Les effets bénéfiques de l'AP sur la santé et les effets néfastes de la sédentarité, ont conduit à l'élaboration de repères et de recommandations pour guider la population dans l'acquisition d'un mode de vie actif et sain. Le premier programme mis en place en France (2001), mais également en Europe, a été le PNNS<sup>3</sup>. C'est un programme qui vise à améliorer l'état de santé de l'ensemble de la population en agissant sur des déterminants majeurs, tels que la nutrition et l'AP.

Les recommandations représentent la quantité d'AP idéale afin d'observer des effets bénéfiques sur la santé. Lorsque cette quantité n'est pas atteinte, l'individu est caractérisé comme physiquement inactif. Quel que soit l'âge, l'AP entraîne des bienfaits pour la santé. La quantité minimale d'AP à effectuer varie en fonction de l'âge. Les recommandations récentes identifient trois catégories de population. La première correspond aux enfants et aux adolescents. Pour les enfants âgés de moins de cinq ans, les recommandations préconisent d'effectuer au moins trois heures par jour d'activité, soit une moyenne de 15 minutes par heure pour une durée d'éveil de 12 heures<sup>14</sup>. De 5 à 17 ans, au moins 60 minutes par jour d'AP d'intensité modérée à élevée sont recommandées. Ces activités doivent être composées d'activités d'endurance, de renforcement musculaire et d'impacts pour la santé osseuse<sup>15</sup>. L'AP durant l'enfance est majeure puisqu'elle influence celle à l'âge adulte<sup>15</sup>. En effet, un enfant actif aura plus tendance à devenir un adulte actif, et inversement. Au regard du temps de sédentarité, il est recommandé de limiter la durée totale pendant la période d'éveil. Il est également conseillé de rompre les

---

<sup>2</sup> Etude INCA 3 : étude Individuelle Nationale de Consommation Alimentaire 3

<sup>3</sup> Programme National Nutrition Santé

activités assises, par un comportement actif, toutes les heures pour les moins de 5 ans et toutes les deux heures pour les 5-17 ans <sup>14</sup> (Tableau 1).

La deuxième catégorie représente les adultes âgés de 18 à 65 ans. Les recommandations sont d'effectuer une AP modérée, au moins 30 minutes par jour, cinq fois par semaine <sup>14</sup>, pour un total de 150 minutes par semaine, en évitant de rester deux jours consécutifs sans AP <sup>14,15</sup>. L'AP d'intensité modérée peut être remplacée par de l'AP d'intensité élevée. Dans ce cas, il est recommandé de cumuler 75 minutes par semaine. Des bénéfices supplémentaires pour la santé ont été observés pour des temps supérieurs (45-60 minutes par jour). La durée totale d'AP quotidienne peut être fractionnée par période de 10 minutes. En effet, le cumul de courtes périodes d'au moins 10 minutes est tout aussi bénéfique pour la santé <sup>16</sup>. En parallèle, il est également recommandé d'effectuer des exercices de renforcement musculaire, à raison de deux fois par semaine. Concernant le temps de sédentarité, il est conseillé, quel que soit le contexte, de limiter le temps passé assis par jour, ainsi que de rompre régulièrement les périodes prolongées de postures assises par une AP d'intensité légère ou modérée. Une marche de quelques minutes après 1h30 de sédentarité est par exemple recommandée <sup>14</sup> (Tableau 1).

Enfin, la troisième catégorie correspond aux personnes âgées de plus de 65 ans. Les recommandations en terme d'AP et de sédentarité sont identiques à celles de la catégorie précédente. De plus, afin de limiter le risque de chute et les complications sous-jacentes, il est également conseillé d'intégrer deux fois par semaine des activités visant à améliorer l'équilibre (Tableau 1). Il est néanmoins recommandé avant toute reprise d'une AP de consulter son médecin afin de vérifier que cette reprise peut être effectuée en toute sécurité pour la santé.

|                    | <b>Activité physique</b>                 | <b>Sédentarité</b>   |
|--------------------|--|--|
| <b>&lt; 5 ans</b>  | 3h/jr                                    | Limiter la durée totale<br>Limiter la durée de chaque activité assise à 1h                 |
| <b>5 – 17 ans</b>  | 60 min/jr                                | Limiter la durée totale<br>Limiter la durée de chaque activité assise à 2h                 |
| <b>18 – 65 ans</b> | 30 min/jr – 5x/sem                       | Limiter la durée totale<br>Rompre régulièrement les périodes prolongées en position assise |
| <b>&gt; 65 ans</b> | 30 min/jr – 5x/sem<br>Equilibre – 2x/sem | Limiter la durée totale<br>Rompre régulièrement les périodes prolongées en position assise |

*Tableau 1 : Recommandations en activité physique et sédentarité pour la population générale*  
Données extraites du rapport d'expertise de l'ANSES (2016) <sup>14</sup>

Les premières recommandations en AP pour la santé publique ont été élaborées en 1995 par les "Centers for Disease Control and Prevention" et l'"American College of Sports Medicine".

Elles ont ensuite connu plusieurs mises à jour jusqu'à devenir les recommandations actuelles [15](#). Néanmoins il est important de préciser que ces recommandations sont issues d'études épidémiologiques qui ont très souvent utilisé des questionnaires fondés sur l'auto-déclaration afin de mesurer l'AP [15](#). Il est bien connu aujourd'hui que les données obtenues par des mesures subjectives telles que les questionnaires sous-estiment de façon substantielle les temps de sédentarité et parfois surestiment la quantité réelle d'AP. Il est possible que certaines de ces recommandations puissent être modifiées avec la disponibilité de nouvelles données d'AP objective et collectées simultanément à des paramètres de santé ou de prévalence de mortalité [17](#).

Notre environnement a connu de nombreux bouleversements incitant l'Homme à être de moins en moins actif et de plus en plus sédentaire. Or le génome de l'Homme est programmé pour un mode de vie actif et ne s'est pas modifié depuis la fin du Paléolithique, période à laquelle la distance moyenne parcourue par jour était de 10 à 20 kilomètres. Notre mode de vie actuel entraîne des modifications métaboliques, cardio-respiratoires et osseuses. Ce mode de vie caractérisé par la réduction drastique de l'effort physique même de faible intensité combiné à d'autres facteurs comportementaux tels que la malnutrition, le tabac et l'alcool, instaurent un terrain favorable au développement des maladies chroniques. Bien que les bénéfices de l'AP sur la santé soient largement reconnus, la population générale, et en particulier les patients atteints d'une maladie chronique, sont de plus en plus inactifs. Ainsi, les choix de l'Homme en matière de comportement ne sont pas les plus optimaux pour favoriser une vie en bonne santé. Parallèlement à cette évolution du comportement, nous assistons au déploiement à grande échelle des TIC. Elles sont présentes partout, au quotidien et permettent de diffuser, à moindre coût, une information parfois personnalisée, au plus grand nombre. Pourront-elles aider l'Homme à faire de meilleurs choix comportementaux ? Pourront-elles inciter l'Homme à se lever et à bouger un peu plus chaque jour dans le but d'améliorer son bien-être, sa qualité de vie et allonger son espérance de vie en bonne santé ?

Ainsi, l'objectif global de ces travaux de recherche est de déterminer si les TIC pourraient être un moyen pour promouvoir l'AP chez des patients atteints de pathologie chronique. Il s'agira tout d'abord d'évaluer l'intérêt des patients pour les TIC tant dans leur vie quotidienne que dans leur parcours de soin. Puis nous évaluerons l'effet d'une prise en charge thérapeutique par l'AP et la remise d'un podomètre sur des variables d'intention et de motivation à pratiquer l'AP, le temps passé dans différentes catégories d'activité ainsi que sur la perception de l'état de santé. Enfin, nous étudierons l'évolution de ces mêmes variables quand les patients disposent d'un

système numérique de promotion de l'AP proposant un programme personnalisé ou d'une brochure vantant les bienfaits de l'AP et montrant des exercices physiques adaptés.

Ces travaux de recherche sont réalisés dans le cadre d'une bourse CIFRE (Association Nationale Recherche Technologie) sous le n° de convention 2015/0214. Cette thèse réunit plusieurs acteurs, à savoir la société Biomouv, l'INRA Unité de Nutrition Humaine et le CHU G. Montpied. L'Association Française pour la Recherche Thermale (AFRETH) est le promoteur de la dernière étude (Thermactive).

## II. Contexte bibliographique

### II.1 La pandémie des Maladies Chroniques Non Transmissibles (MCNT)

#### II.1.1 Définition, prévalence et coûts

L'évolution des modes de vie explique l'augmentation actuelle de l'incidence des Maladies Chroniques Non Transmissibles (MCNT). Il pourrait évidemment être remis en cause par le postulat suivant, à savoir que les Hommes du Paléolithique ne vivaient pas assez longtemps pour que des pathologies chroniques apparaissent. Néanmoins, des études de populations, initialement sur le même mode de vie que les chasseurs-cueilleurs et qui se sont ensuite sédentarisées, montrent bien l'apparition concomitante du développement de maladies chroniques et du changement des modes de vie. A titre d'exemple, le peuple Pima est devenu une communauté tristement célèbre pour ses taux d'obésité et de diabète de type 2 <sup>18</sup>. Selon Chauveau et al. (2013) <sup>1</sup> ce « décalage temporel » entre notre génome et l'environnement pourrait alors être à l'origine des « maladies de civilisation » de nos jours. Dans son livre, le Dr Fardet va même jusqu'à les qualifier de « maladies de l'industrialisation » <sup>19</sup>. En effet, le monde scientifique s'accorde pour dire que les MCNT ont une cause comportementale et environnementale.

De nos jours, la population mondiale est de plus en plus vieillissante, entre-autres grâce à l'amélioration des systèmes de soins et un meilleur accès aux services de santé <sup>20,21</sup>. A contrario, elle vit de moins en moins longtemps en bonne santé. A titre d'exemple, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) rapporte en 2015, une espérance de vie globale de 71,4 ans et une espérance de vie en bonne santé, c'est-à-dire sans incapacité, de 63,1 ans. Ainsi en 2015, la durée de vie en étant malade est de 8,3 ans, contre 8 ans en 2012 <sup>22</sup>. Ces chiffres suivent les mêmes tendances à l'échelle européenne et nationale <sup>23</sup> (Tableau 2). Ainsi, les systèmes de santé doivent faire face à de nouveaux enjeux, et notamment celui de « Bien vieillir », et de faire face à l'augmentation incessante de la prévalence des MCNT.

|                                  | Monde                        | Europe                        | France                       |
|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Espérance de vie                 | ♀ : 73,8 ans<br>♂ : 69,1 ans | ♀ : 83,3 ans<br>♂ : 78,25 ans | ♀ : 85,0 ans<br>♂ : 79,3 ans |
| Espérance de vie en bonne santé  | ♀ : 64,6 ans<br>♂ : 61,5 ans | ♀ : 63,3 ans<br>♂ : 62,6 ans  | ♀ : 64,6 ans<br>♂ : 62,6 ans |
| Durée de vie avec une incapacité | ♀ : 9 ans<br>♂ : 7,6 ans     | ♀ : 20 ans<br>♂ : 15,65 ans   | ♀ : 20,4 ans<br>♂ : 16,7 ans |

Tableau 2 : *Espérance de vie, espérance de vie en bonne santé et durée de vie sans incapacité en 2015*  
Données extraites des rapports de l'OMS <sup>22</sup> et de l'Eurostat <sup>23</sup>

Les MCNT sont qualifiées de maladies lentes, progressives et non contagieuses. Dans le cas de ces maladies, il n'est pas rare d'observer la coexistence de plusieurs d'entre-elles. On parle alors de comorbidité associée ou de multi-morbidité. Selon l'Institut de Veille Sanitaire, le terme de comorbidité est utilisé lorsque l'on définit une maladie en référence à une maladie index. La comorbidité peut alors être à la fois la cause ou la conséquence de cette maladie <sup>24</sup>. Par exemple, la surcharge pondérale est une des comorbidités associée au diabète de type 2. La multi-morbidité se définit quant à elle par l'association de plusieurs maladies chez une même personne, sans référence à une maladie en particulier. Un diabétique de type 2 peut à la fois être obèse, avoir une hypertension artérielle et souffrir de difficultés respiratoires chroniques. Cet ensemble de symptômes chroniques va concourir de façon progressive à l'apparition d'incapacités physiques ayant pour conséquences la détérioration de la santé, la diminution de la qualité de vie et la perte d'autonomie. Actuellement, les maladies chroniques et les comorbidités associées représentent, selon les derniers chiffres de l'OMS, la première cause de mortalité dans le monde, avec 40 millions de décès, soit 70% des décès annuels<sup>4</sup>. Ce chiffre est en augmentation, puisqu'en 2012, ces maladies étaient responsables de 38 millions de décès. L'OMS estime de plus que ce nombre serait d'ici 2030 de l'ordre de 52 millions par an <sup>25</sup>. En France, on dénombre, pour l'année 2012, 554 000 décès, dont 87% sont liés aux maladies chroniques. Plus inquiétant encore, les décès dit « prématurés » sont de plus en plus liés aux maladies chroniques. En 2012, au niveau mondial plus de la moitié des décès (52%) avant l'âge de 70 ans sont dus aux maladies chroniques (Figure 1).

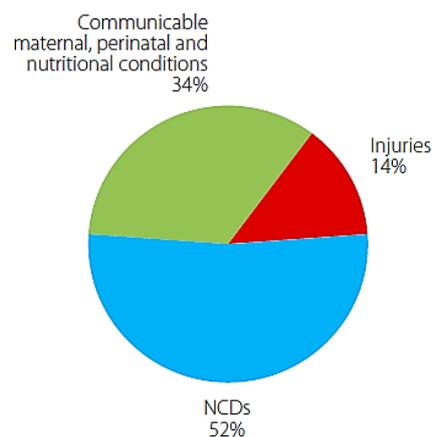


Figure 1 : Proportion globale des décès avant l'âge de 70 ans (2012)  
Figure extraite du rapport de l'OMS (2014) <sup>25</sup>

Les MCNT représentent aussi un enjeu économique important. En effet, l'aspect chronique de la maladie implique un traitement souvent coûteux et sur le long terme. Dans les vingt

<sup>4</sup> <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs355/en/>

prochaines années, le coût global des maladies chroniques s'élèvera à plus de 30 mille milliards de dollars <sup>26</sup>. En France, en 2009, selon la Haute Autorité de Santé les coûts s'élèvent à 65 milliards d'euros pour 9 millions de patients inscrit en Affection de Longue Durée (ALD). Depuis, plus de 10 millions de personnes, soit 16,4% de la population, sont reconnues comme souffrant de l'une des 30 ALD répertoriées, augmentant ainsi la charge économique associée.

Parmi les MCNT, quatre maladies sont responsables à elles seules, en 2012, de plus de quatre décès sur cinq (82%). Ces maladies sont les Maladies CardioVasculaires (MCV), les cancers, la Broncho-Pneumopathie Chronique Obstructive (BPCO) et le diabète de type 2 <sup>25</sup>. Selon un rapport mondial, le coût global de ces quatre principales maladies s'élève à près de 3 700 milliards de dollars pour l'année 2010, et pourrait quasiment doubler en 2030 avec plus de 7 000 milliards de dollars de dépense <sup>26</sup>.

Actuellement les MCV sont les maladies chroniques les plus répandues et les plus meurtrières avec 17,5 millions de décès en 2012 <sup>25</sup>. Les infarctus et les Accidents Vasculaires Cérébraux (AVC) sont les principales causes de décès par MCV. Dans le monde, plus d'un adulte sur cinq souffre d'hypertension artérielle, qui est le facteur de risque majeur des MCV. La prévalence est plus forte chez les hommes (24,1%) que chez les femmes (20,1%). En France, malgré une amélioration entre 2000 et 2013 des taux de mortalité par AVC, par cardiopathies ischémiques et insuffisance cardiaque, les MCV sont la deuxième cause de décès <sup>27</sup>.

Les cancers ont, quant à eux, causé en 2012, 8,2 millions de décès <sup>25</sup>. En France en 2015, l'incidence est estimée, selon l'Institut National du Cancer, à un peu plus de 300 000 nouveaux cas, pour un peu moins de 150 000 décès. Remarquons que ces taux ont tendance à baisser depuis 2005, notamment car l'incidence du cancer de la prostate chez l'homme diminue et celui du cancer du sein chez la femme se stabilise. Néanmoins, malgré ces diminutions, les cancers restent la première cause de décès en France avec 27,1% des décès <sup>27</sup>.

La BPCO est responsable de 4 millions de décès par an. <sup>25</sup> Entre 1990 et 2015, la prévalence a augmenté de 44,2%, touchant ainsi 174 millions d'individus <sup>28</sup>. A l'échelle nationale, la BPCO concerne 3,5 millions d'individus, soit 7,5% de la population totale. La BPCO est responsable de 3% des décès en France. Néanmoins entre 2002 et 2013, les taux de mortalité en France par BPCO ont diminué, sauf pour les femmes de moins de 65 ans pour qui le taux de mortalité a presque doublé <sup>27</sup>.

Le diabète de type 2 est quant à lui responsable de 1,5 millions de décès dans le monde <sup>25</sup>. La prévalence mondiale chez les adultes est de 8,5% en 2014 <sup>29</sup>. Il est important de noter que cette prévalence a quasiment doublé depuis les années 1980 (4,7%), et qu'aucun pays ne rapporte une diminution de la prévalence du diabète de type 2 <sup>30, 31</sup>. Les hommes sont plus touchés que les femmes avec une prévalence à 9%, contre 7,9% <sup>31</sup>. Les pays les plus touchés par le diabète sont la Chine, l'Inde, les Etats-Unis, le Brésil et l'Indonésie. En France, le diabète de type 2 concerne 5,1 millions d'adultes, soit une prévalence de 8% <sup>32</sup>.

L'obésité et l'arthrose sont deux comorbidités associées à ces quatre principales maladies. Concernant le surpoids et l'obésité, les chiffres de l'OMS et du dernier rapport de l'OECD<sup>5</sup> sont alarmants. Plus d'un adulte sur deux et près d'un enfant sur six sont en situation de surpoids ou d'obésité <sup>33</sup>. En d'autres termes, la moitié de la planète souffre d'un excès pondéral. En France, ces chiffres sont tout aussi alarmants puisque l'enquête Obépi annonce en 2012 que près de 50% des adultes sont atteints de surpoids ou d'obésité. L'arthrose, quant à elle, est la source d'incapacité la plus fréquente chez les personnes âgées. Selon l'OMS en 2010<sup>6</sup>, 10 à 15% des plus de 60 ans seraient atteints d'arthrose, touchant préférentiellement les femmes. Selon la Société Française de Rhumatologie, l'arthrose concerne 65% des plus de 65 ans et 80% des plus de 80 ans.

### II.1.2 Les facteurs de risque

Face à ces constats inquiétants d'augmentation de la prévalence des MCNT, la prévention et le traitement de ces maladies sont devenus des enjeux majeurs de santé mondiale. On distingue, en amont de la maladie, la prévention primaire correspondant à l'ensemble des actes dont l'objectif est de diminuer l'incidence d'une maladie dans une population et donc de réduire le nombre de nouveaux cas. Dans les premiers stades de la maladie, on parle de prévention secondaire. Cela englobe tous les actes dont l'objectif est de diminuer la prévalence d'une maladie dans une population. Le but de cette prévention est entre-autre de limiter l'évolution de la maladie. Le troisième et dernier stade de la prévention intervient lorsque la maladie est « installée ». L'objectif de cette prévention est de diminuer le risque de survenue de complication ou de récurrence. Dans le cas de ces travaux de thèse, nous nous situons dans la prévention secondaire et tertiaire des maladies chroniques.

---

<sup>5</sup> Organisation for Economic Co-operation and Development

<sup>6</sup> [http://www.who.int/medicines/areas/priority\\_medicines/Ch6\\_12Osteo.pdf](http://www.who.int/medicines/areas/priority_medicines/Ch6_12Osteo.pdf)

Quel que soit le niveau de prévention considéré, les actions de prévention ou de traitement sont focalisées sur les facteurs de risque. Selon l’OMS, un facteur de risque correspond à un attribut, une caractéristique ou une exposition d’un sujet qui augmente la probabilité de développer une maladie ou de souffrir d’un traumatisme. Il existe de nombreux facteurs de risque : professionnels (exposition à des substances toxiques, cancérigène), environnementaux (pollution de l’air, eau non potable), comportementaux (sédentarité, tabac, alcool, alimentation déséquilibrée), métaboliques (hyperglycémie, dyslipidémie) et génétique (BRCA1-BRCA2 pour le cancer du sein par exemple).

Il est maintenant bien reconnu que la forte prévalence des maladies chroniques est fortement corrélée à quatre facteurs de risques comportementaux et donc modifiables à savoir i) l’usage du tabac, ii) l’IP (IP) et la sédentarité, iii) la consommation excessive d’alcool et iv) l’alimentation déséquilibrée. Selon l’OMS, 75% des maladies cardiaques, des infarctus et des diabètes de type 2 et 40% des cancers pourraient être évités si l’on supprimait ces facteurs de risque majeurs. Ces facteurs ont été étudiés par Fine et al. (2004) <sup>34</sup> à partir des données de l’étude « National Health Interview Survey » (2001). Ces auteurs ont souligné l’aspect multifactoriel des maladies chroniques. Selon leurs travaux, l’IP est le facteur de risque le plus fréquent chez les adultes. De plus, une majorité de la population présente au moins deux de ces quatre facteurs de risque principaux. Une étude longitudinale Européenne a recherché les effets, seuls ou combinés, de quatre facteurs protecteurs, à savoir le régime méditerranéen, l’AP, la consommation d’alcool modérée et le non usage du tabac <sup>35</sup>. L’adhésion à ces quatre comportements est associée à une diminution du taux de mortalité toutes causes confondues, et pour les individus âgés de 70 à 90 ans, ce taux est diminué de plus de 50%. Khaw et al. (2008), à partir de l’étude « EPIC-Norfolk », parlent même d’un gain de vie sans incapacité équivalent à 14 ans pour des individus n’étant exposés à aucun des quatre facteurs de risque principaux versus des individus étant exposés aux quatre <sup>36</sup>. Ce concept multifactoriel est présenté comme une chaîne dans le rapport mondial pour la santé <sup>37</sup>. « Chaque risque a ses propres causes aboutissant à une chaîne complexe d’évènements composés de facteurs socio-économiques, des conditions environnementales et communautaires, et des comportements individuels ». L’exemple des maladies cardiaques ischémiques, présenté ci-dessous (Figure 2), met en avant que chaque maillon de la chaîne pourrait faire l’objet d’une action de prévention et de traitement de la maladie.

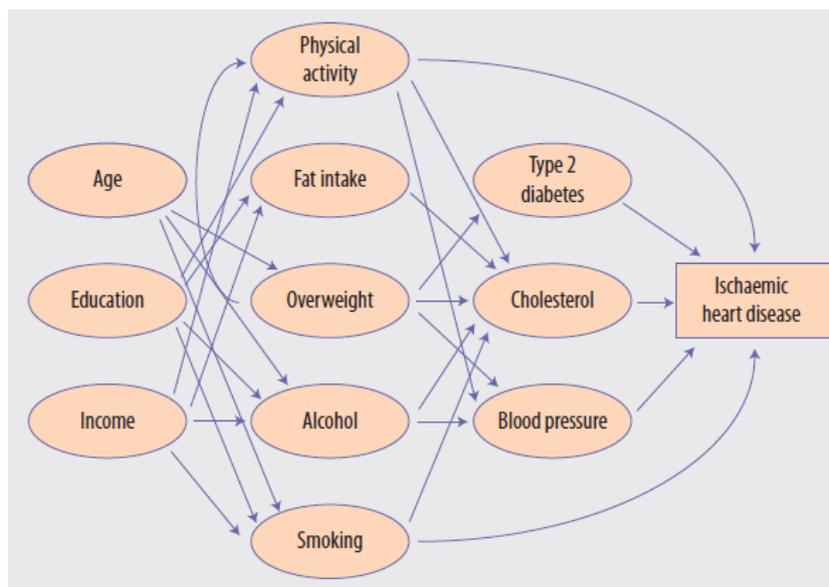


Figure 2 : La chaîne de causalité des maladies cardiaques ischémiques  
Données extraites du rapport de l'OMS <sup>37</sup>

### II.1.2.1 L'inactivité physique et la sédentarité

#### II.1.2.1.1 Les profils d'inactivité physique et de sédentarité

Selon les définitions citées dans le chapitre I.1.2.1, la sédentarité et l'activité/IP sont deux comportements différents. Ainsi, on peut distinguer quatre profils d'individus selon leur niveau d'AP et leur temps de sédentarité <sup>38</sup>. Un individu peut alors être :

- Sédentaire et inactif : caractérisé par un temps passé assis supérieur à trois heures et moins de 150 minutes d'AP par semaine. Ce profil est le plus délétère pour la santé.
- Sédentaire et actif : caractérisé également par un temps passé assis supérieur à trois heures, mais en combinaison d'un temps d'AP modérée d'au moins 150 minutes par semaine.
- Non sédentaire et inactif : caractérisé par un temps passé assis inférieur à trois heures et moins de 150 minutes d'AP par semaine. Notons qu'il est peu probable qu'un individu ait ce profil.
- Non sédentaire et actif : caractérisé également par un temps passé assis inférieure à trois heures et un temps d'AP modérée d'au moins 150 minutes par semaine. Ce profil semble être le plus favorable pour l'état de santé.

#### II.1.2.1.2 Prévalences de l'inactivité physique et de la sédentarité dans la population générale et chez les sujets porteurs de pathologie chronique

L'IP et la sédentarité sont progressivement devenues une réalité ordinaire de la vie quotidienne dans le monde entier. A partir des données issues d'un questionnaire administré dans 122 pays,

représentant 88,9% de la population mondiale, un adulte sur trois et quatre adolescents sur cinq sont considérés comme physiquement inactifs. Ces proportions varient de façon importante selon les régions du monde, allant du simple au double, avec 17% dans les pays d'Asie du Sud Est et 43,3% pour les pays d'Amériques. Les femmes sont globalement plus inactives (33,9%) que les hommes (27,9%) (Figure 3) <sup>39</sup>. Quelle que soit la région du monde, cette inactivité augmente avec l'âge. Néanmoins, les personnes âgées en Asie du Sud-Est semblent moins touchées. En effet, elles sont moins nombreuses à être inactives que dans le reste du monde, voire même moins fréquemment inactives que les jeunes de 15 à 29 ans aux Etats-Unis (Figure 3).

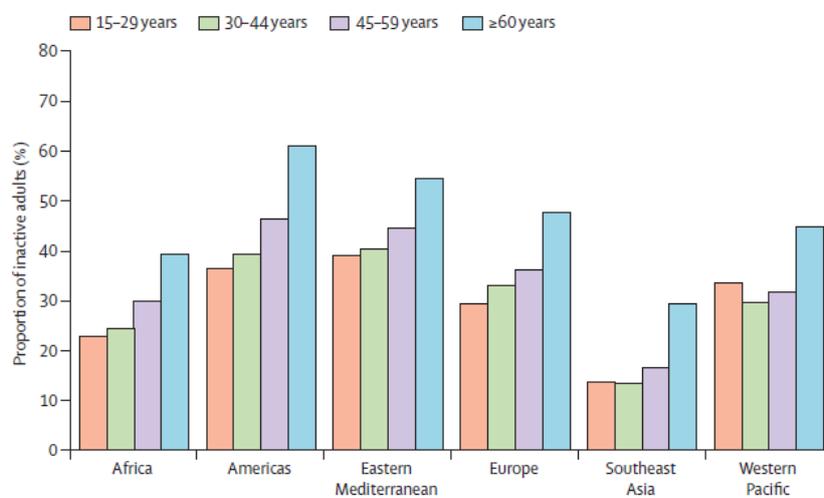


Figure 3 : Prévalence de l'inactivité physique par catégorie d'âge et dans différentes régions du monde  
Figure extraite de Hallal et al. (2012) <sup>39</sup>

Dans une étude récente ayant collecté des données d'accélérométrie à l'aide de smartphones chez plus de 700 000 utilisateurs répartis dans 46 pays, le nombre de pas quotidien moyen est de 4 961 <sup>40</sup>, ce qui est inférieur au seuil minimum de 7 000 pas par jour correspondant au temps minimum passé en AP d'intensité modérée ou élevée recommandé <sup>41</sup>. D'après l'Eurobaromètre de 2013, incluant 28 pays européens le pourcentage des adultes inactifs est de 28,6%, selon leur auto-déclaration (questionnaire) <sup>42</sup>. Loyen et al. (2017) ont préféré utiliser des données d'accélérométrie afin d'évaluer cette prévalence <sup>17</sup>. Cette étude a inclus plus de 9 500 participants âgés entre 20 et 75 ans. Presqu'un tiers (31,7%) de cette population est considérée comme inactive au regard du temps total d'AP. Lorsque cette analyse est effectuée sur la base de période prenant en compte au moins 10 minutes d'AP consécutives, comme recommandé par l'OMS, le pourcentage d'adultes inactifs augmente indéniablement à hauteur de 72%. Ainsi la quantification de l'IP dépend fortement de l'outil et de la méthode de mesure : subjective (questionnaires) versus objective (accéléromètres).

La prévalence de la sédentarité au niveau mondial est une donnée encore peu étudiée car ce facteur n'est reconnu que depuis peu comme un problème de santé majeur. Bauman et al. (2011) ont collecté, entre 2002 et 2004, des données d'AP et de sédentarité via un questionnaire, sur plus de 49 000 adultes répartis dans 20 pays <sup>43</sup>. La durée moyenne passée assise par jour est de 346 minutes, soit un peu moins de 6 heures. Il n'y a pas de différence selon le sexe. Les jeunes adultes, âgés de 18 à 39 ans, ont un temps de sédentarité significativement plus élevé que les adultes âgés de plus de 40 ans. Hallal et al. (2012) ont, quant à eux, combiné les données de l'OMS et de l'Eurobaromètre afin d'évaluer le temps de sédentarité dans 66 pays <sup>39</sup>. Deux adultes sur cinq (41,5%) passent plus de quatre heures assis par jour. Ces proportions sont similaires quel que soit le sexe. En revanche, on remarque des disparités à travers le monde. Une fois encore, l'Asie du Sud Est se démarque avec le taux le plus bas puisque, seulement 23,8% des adultes passent plus de 4 heures assis par jour. A contrario, près de 65% des adultes Européens sont assis plus de 4 heures par jour. Dans leur étude utilisant des données d'accélérométrie, Løyen et al. (2017) ont rapporté une prévalence plus élevée de la sédentarité chez les adultes européens <sup>17</sup>. Le temps moyen de sédentarité est d'un peu plus de 8 heures par jour et 80% des participants ont un temps de sédentarité supérieur à 7,5 heures par jour. Ces différences de résultats entre les études sont liées aux différents outils utilisés pour mesurer l'AP et la sédentarité (*Annexe 2*).

En France, l'étude INCA 3 porte sur l'évaluation des risques liés à l'alimentation et à l'IP. Les comportements d'AP ont été évalués à l'aide de questionnaires chez 2 685 enfants/adolescents âgés de 3 à 17 ans et 2 180 adultes de 18 à 79 ans <sup>44</sup>. Moins d'un tiers (28%) des enfants âgés de 3 à 10 sont inactifs mais près d'un adolescent sur deux (49%) sont inactifs. Dans cette dernière classe d'âge, les filles sont plus inactives que les garçons (56,9% versus 40,7%,  $p < 0,01$ ). Chez les adultes, 37% sont considérés comme inactifs. La différence selon le sexe est confirmée puisque les femmes sont plus inactives que les hommes (46,4% versus 27,5%,  $p < 0,001$ ). Bien que les questionnaires entre l'étude INCA 2 (IPAQ) et INCA 3 (RPAQ) ne soient pas identiques, il semble que ce taux d'inactivité augmente. L'étude INCA 2, utilisant la version courte de l'International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) révélait que 25% des adultes étaient considérés comme ayant un niveau modéré d'AP, et 45% comme ayant un niveau élevé d'AP. Autrement dit 30% des adultes étaient inactifs. La sédentarité a été également évaluée lors de l'étude INCA 3. Pour l'analyse de la sédentarité chez les enfants et les adolescents, seul le temps passé devant un écran a été comptabilisé. Chez les adultes, la sédentarité comprend le temps devant les écrans, le temps assis pour d'autres activités, ainsi que la sédentarité dans les

transports et pendant le travail. Trois classes de sédentarité ont alors été définies : faible (<3h/j), modérée (3-7h/jr), et élevée (>7h/j). Les enfants et adolescents passent en moyenne 185 minutes devant un écran, soit quasiment trois heures. 41% des enfants et adolescents passent plus de trois heures par jour devant un écran, avec une augmentation significative avec l'âge. Chez les adultes, la durée moyenne devant un écran est de 292 minutes, soit quasiment cinq heures. Ce temps augmente significativement par rapport à l'étude INCA 2 au cours de laquelle le temps moyen relevé est de 210 minutes. Cette augmentation est marquée chez les femmes (+1h30/jour). 84% des adultes ont un temps de sédentarité total supérieur à trois heures. Notons que ce temps de sédentarité est supérieur à sept heures pour 40% des adultes. Il n'y a pas de différence selon le sexe. En revanche, il y a une diminution significative du temps de sédentarité avec l'âge. Cette diminution est probablement liée à un effet générationnel. Les personnes âgées de plus de 65 ans, ont moins vécu avec l'ensemble des technologies nous conduisant à être sédentaire. De plus, le temps sédentarité des adultes est généralement lié à la sédentarité au travail. Au regard du profil d'activité et de sédentarité des adultes, 61% des hommes et 43% des femmes sont à la fois actifs (>150min/sem) et sédentaires (>3h/jr). Notons également que 24,3% des hommes et 40% des femmes sont inactifs (<150min/sem) et sédentaires (>3h/jr).

Les études de la prévalence de l'IP spécifiquement chez les patients chroniques sont encore peu nombreuses. Une étude de Brawner et al. (2016) a utilisé les données des adultes enquêtés au cours de la « National Health Interview Survey » en 2014 afin d'étudier l'association entre la présence d'une maladie chronique et l'atteinte ou non des recommandations en AP <sup>45</sup>. Quelle que soit la maladie chronique, le pourcentage d'individus atteignant les recommandations en AP est plus faible que dans la population saine. Ainsi, la prévalence de l'IP est plus importante chez les patients atteints d'une maladie chronique, en particulier la BPCO (Figure 4). Pour chacune des maladies chroniques, la prévalence de l'IP est plus élevée chez les femmes que chez les hommes, à l'exception de la BPCO et de l'AVC. De plus, la prévalence de l'IP est d'autant plus élevée que le patient cumule plusieurs maladies chroniques.

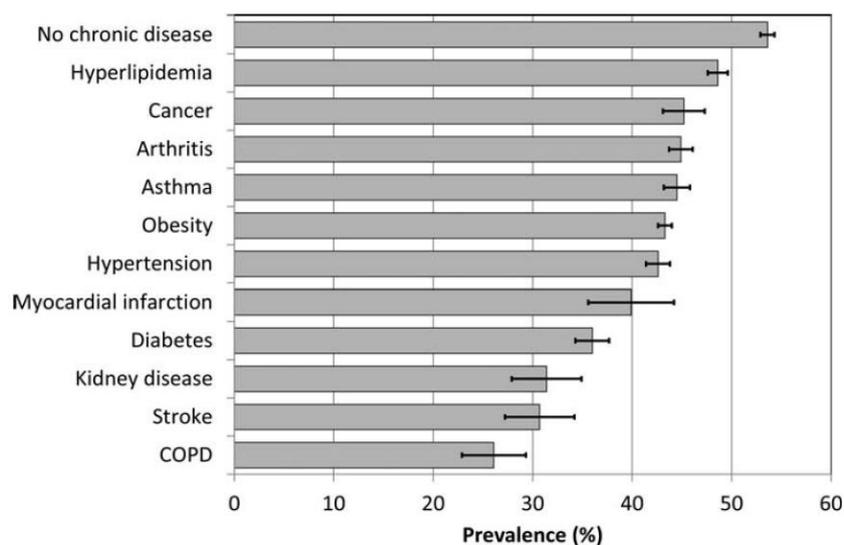


Figure 4 : Prévalence de l'atteinte des recommandations en activité physique selon la maladie chronique  
 Figure extraite de Brawner et al. (2016) <sup>45</sup>

### II.1.2.1.3 Impact de l'inactivité physique et de la sédentarité sur les taux de mortalité, les risques de développer une MCNT et la composition corporelle.

L'étude de l'implication de l'IP dans l'apparition des maladies a débuté dans les années 50. Jerry Morris est l'un des pionniers dans la recherche des effets néfastes de l'IP <sup>46, 47</sup>. Son hypothèse de base était que l'activité physique au travail est associée à une plus faible incidence et sévérité des maladies coronariennes. Il a donc observé, chez des employés d'une compagnie de bus et des employés de la poste, l'incidence et le taux de mortalité des maladies coronariennes. Il s'avère que pour les hommes actifs (contrôleurs et facteurs), les prévalences sont plus faibles que pour les hommes « inactifs »<sup>7</sup> (chauffeurs et standardistes). Cette observation a ensuite été vérifiée dans d'autres corps de métier, confirmant que les individus réalisant un travail physique ont un taux de mortalité dû aux maladies coronariennes plus faible, et qu'en cas de maladies, celle-ci est moins sévère. Plus tard, Paffenbarger et al. (1978) font les mêmes constats en rapportant que l'AP faible au travail augmentait le risque de décès toutes causes confondues (+46%) et par infarctus (+97%) <sup>48</sup>. Ce risque était même doublé et quadruplé dans le cas des BPCO et du DT2 respectivement.

Depuis ces premiers travaux, les effets néfastes de l'IP sur la santé ont été largement confirmés. Ce facteur est maintenant considéré comme l'une des premières causes de mortalité évitable dans le monde, au même titre que le tabagisme. D'après les travaux de Lee et al. (2012), 5,3

<sup>7</sup> La distinction « IP » et « sédentarité » n'était pas encore établie.

millions de décès pourraient être évités chaque année si la population devenait suffisamment active [49](#).

Dans une étude longitudinale de 24 ans, Hu et al. (2004) ont évalué l'impact de l'inactivité, définie dans cette étude comme pratiquant moins d'1h d'AP modérée par semaine, chez des femmes âgées de 30 à 55 ans [50](#). Les résultats montrent que l'inactivité est associée à une augmentation du risque de mortalité toutes causes confondues de 52%, un risque de mortalité par MCV doublé et une augmentation de 29% du risque de mortalité par cancer. Ces risques sont légèrement diminués après ajustement selon l'IMC. Slentz et al. (2005) ont étudié l'effet de différentes quantités et intensités d'AP sur le tissu adipeux chez des adultes inactifs [51](#). Le groupe contrôle, qui n'a suivi aucun protocole d'exercice et donc qui est resté inactif, montre une augmentation significative du tissu adipeux viscéral. Ainsi l'IP est associée à une prise de masse grasse viscérale, celle-ci étant associée à une augmentation des risques cardio-métaboliques. La « Prospective Urban and Rural Epidemiology » est une étude internationale évaluant les prévalences des maladies chroniques et les facteurs de risque dans le monde. Fondée sur les données de cette étude, Dagenais et al. (2016), se sont intéressés à la variation de la prévalence du diabète de type 2 dans les pays à faible, moyen et fort revenus [52](#). Cette analyse, sur plus de 110 000 adultes âgés de 35 à 70 ans, révèle que le premier facteur de risque comportemental est l'IP, devant l'alimentation et le tabac. Sur l'ensemble de la population étudiée, l'IP augmente le risque de diabète de type 2 de 28%. Les autres facteurs de risque sont le rapport élevé tour de taille/tour de hanche, les antécédents familiaux de DT2, un IMC supérieur à 25 kg.m<sup>-2</sup>, le fait d'être un homme et de résider dans une zone urbaine. Néanmoins, l'alimentation a été évaluée à partir d'un questionnaire fondé sur la consommation des fruits, des légumes et des graisses. Celui-ci ne tient pas compte de la quantité de sucre raffiné consommée, qui fortement associée au risque de diabète de type 2. De plus, l'association entre l'alimentation et le risque de diabète de type 2 varie selon les pays.

L'IP n'est pas seulement associée à une prise de masse grasse. Elle influence également la masse musculaire. En effet, l'AP est un stimulus de la synthèse protéique. On parle d'effet anabolique. Le rôle de l'IP dans la perte de masse musculaire a notamment été étudié dans les cas d'immobilisation ou encore d'alitement. Par exemple, Dirks et al. (2016) ont étudié chez des jeunes hommes en bonne santé, l'impact d'une semaine d'alitement [53](#). A l'issue de ces sept jours d'IP et de sédentarité combinées, les individus perdent significativement de la masse musculaire (-1,4 kg ± 0,2 kg), principalement localisée au niveau du tronc et des membres inférieurs. En revanche la masse grasse ne change pas. Cette perte de masse musculaire est

accompagnée d'une diminution significative de la force musculaire : diminution de la force développée par les membres inférieurs sans modification de la force de contraction des mains. Au-delà des fonctions musculaires, ces sept jours d'alitement concourent significativement à l'apparition d'une insulino-résistance, même chez des personnes jeunes et saines.

La diminution de la masse et de la force musculaires sont observées également au cours du vieillissement. Ce phénomène est appelé sarcopénie. Cette perte physiologique est multifactorielle et implique notamment une perte des motoneurones activateurs des cellules musculaires, une modification des fibres musculaires ainsi qu'une synthèse protéique musculaire diminuée. On observe qu'à partir de 50 ans, la masse musculaire diminue de 1 à 2% par an, tandis que la force musculaire diminue de 1,5% entre 50 et 60 ans, et qu'au-delà de 60 ans, la force diminue de 3% <sup>54</sup>. Cliniquement, la perte de masse musculaire est associée à une diminution de la force, de l'endurance et de l'autonomie. Cela entraîne d'importantes altérations fonctionnelles telles que des difficultés pour monter des escaliers et se lever d'une chaise, et des incapacités dans la vie quotidienne <sup>55</sup>. La perte de masse musculaire peut être retardée, voire diminuée par la pratique de l'AP. En effet, l'IP chez les personnes âgées, renforce la perte de masse musculaire et la diminution du statut fonctionnel <sup>56</sup>.

La sédentarité est aussi délétère. Dans leur analyse des données de sédentarité collectées dans 54 pays, Rezende et al. (2016) estiment que le temps passé assis est responsable de 3,8% des décès toutes causes confondues <sup>57</sup>. Dans leur méta-analyse, Katzmarzyk et Lee (2012) <sup>58</sup> parlent d'un risque de mortalité toutes causes confondues augmenté de 18 à 45%, et ceci indépendamment du niveau d'AP. Le gain de vie associé à une diminution du temps de sédentarité est de 2 ans. Au-delà du risque de mortalité, la sédentarité augmente le risque d'obésité et de diabète de type 2, toujours indépendamment du niveau d'AP. Dans leur étude prospective, Hu et al. (2003) ont suivi des femmes âgées de 30 à 55 ans pendant 6 ans <sup>59</sup>. Les risques relatifs à l'obésité et au diabète de type 2 sont d'autant plus élevés que le nombre d'heures passées assis devant la télévision est grand, et ce indépendamment du niveau d'AP. Le risque d'obésité augmente de 23% dès 2 à 5 heures par semaine versus 0 à 1 heure, et le risque de diabète de type 2 augmente de 10% pour ces mêmes durées. Le lien entre le temps de sédentarité et l'obésité est également démontré dans l'étude de Jakes et al. (2003), à partir des données issues de l'« EPIC-Norfolk study », regroupant 25 000 hommes et femmes âgés de 45 à 74 ans <sup>60</sup>. Les auteurs rapportent une augmentation significative de tous les marqueurs associés à l'obésité (IMC, rapport taille/hanche et pourcentage de masse grasse) avec l'augmentation du temps passé assis devant la télévision. Ils rapportent également que la

sédentarité augmente significativement la pression artérielle, les taux d'hémoglobine glyquée et diminue les concentrations plasmatiques de HDL-cholestérol. De manière générale, la sédentarité est associée à la présence des marqueurs des maladies cardio-métaboliques.

De ce fait, il est indispensable de prendre en compte la sédentarité et le niveau d'AP, car chacun participe à l'état santé des individus et/ou le risque de développer des pathologies. Selon Hu et al. (2003), une femme inactive et sédentaire a 90% de risques supplémentaires d'être obèse et a un risque multiplié par trois de développer un diabète de type 2 par rapport à une femme active et faiblement sédentaire. Selon ces mêmes auteurs, l'association de ces deux facteurs de risque sont l'origine de 30% et 53% des nouveaux cas d'obésité et de diabète de type 2, respectivement [59](#).

Ainsi l'IP et la sédentarité potentialisent leurs effets néfastes. La question est de savoir si l'AP peut compenser, voire éliminer, les effets néfastes de la sédentarité ? Dans une méta-analyse, Chau et al. (2013) concluent sur la possibilité d'atténuer les effets néfastes de la sédentarité par une AP modérée et intense suffisamment longue, notamment lorsque les temps de sédentarité sont très élevés [13](#). Cette possibilité est également avancée par l'ANSES. Dans une population générale, l'AP d'intensité modérée à élevée pourrait atténuer les effets de la sédentarité, notamment chez les individus dont le temps de sédentarité est supérieur à 7 heures par jour. Ekelund et al. (2016) [61](#) ont précisé dans quelle condition l'AP peut limiter les effets néfastes de la sédentarité. Dans leur revue systématique incluant 16 études et répertoriant les données d'AP et de sédentarité de plus d'un million d'individus suivis pendant 2 à 18 ans, chaque individu est classé selon le temps passé assis et en activité d'intensité modérée. Les auteurs concluent qu'une AP d'intensité modérée à hauteur de 60 à 75 minutes par jour (35 MET.h/sem), contrebalance l'augmentation du risque de mortalité associée à des temps de sédentarité élevés (Figure 5). L'AP modérée de 30 à 60 minutes (de 16 à 30 MET.h/sem) atténue mais n'élimine pas le risque associé au temps de sédentarité élevé (Figure 5). Par contre si le temps d'AP est faible (<2,5 MET.h/sem) le risque de mortalité est accru de plus de 20%, même pour un temps de sédentarité faible (<4h/jr). L'augmentation du risque de mortalité est la plus élevée (+59%) pour un individu inactif (<2,5 MET.h/sem) et très sédentaire (>8h/jr) (Figure 5).

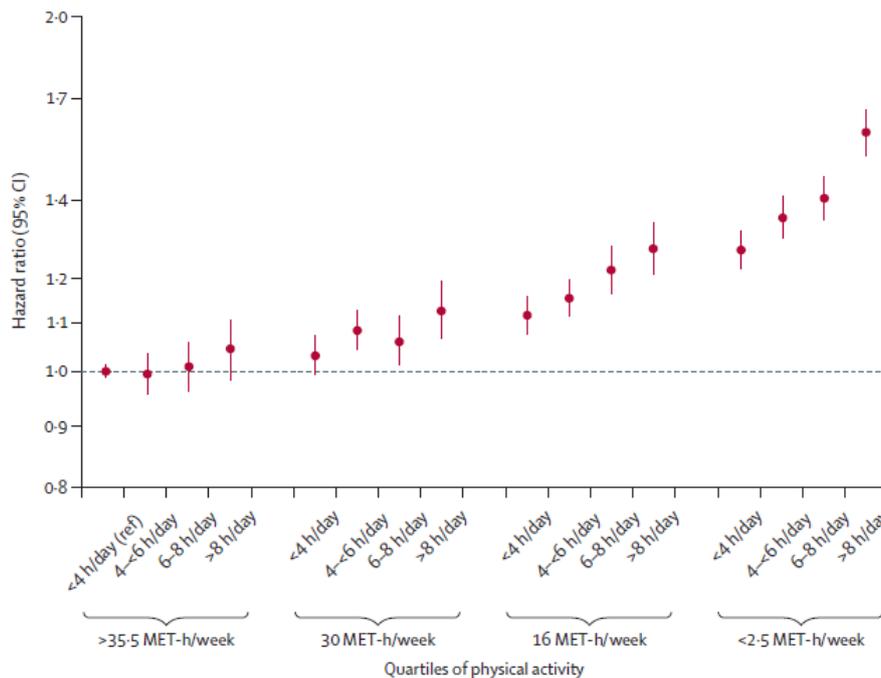


Figure 5 : Risques de mortalités associés au niveau d'activité physique et au temps de sédentarité  
Avec <2,5 MET.h/sem = 5 min/jr d'AP d'intensité modérée à intense; 16 MET.h/sem = 20-35 min/jr ; 30 MET.h/sem = 50-65 min/jr ; >35 MET.h/sem = 60-75 min.jr – figure extraite de Ekelund et al. (2016) [61](#)

Dans leur étude basée sur des données d'accélérométrie, Matthews et al. (2016) se sont intéressés à décrire la relation dose-réponse entre la mortalité et le temps de sédentarité [62](#). Les résultats, issus des données collectées par 4 840 adultes pendant 14 heures par jour sur 5,6 jours en moyenne, ont montré que la sédentarité est associée à la mortalité. Une augmentation d'une heure du temps de sédentarité est associée à une mortalité supérieure (+12%). Cette association est atténuée (+5%) après ajustement par l'AP d'intensité modérée à élevée. Par rapport à une sédentarité de 6 heures par jour, des durées de 8 heures et 10 heures par jour augmentent le risque de mortalité de 14% et de 29%, respectivement (Figure 6.A). L'AP d'intensité modérée et élevée est quant à elle associée à une diminution du risque de mortalité, même après ajustement du temps de sédentarité. Par rapport à 30 minutes d'AP par jour, 1 heure et 1h30 d'AP diminuent le risque de mortalité de 47% et de 67%, respectivement (Figure 6.C). En revanche au-delà de 1h30 il n'y a qu'un effet supplémentaire modeste. Les auteurs estiment également que remplacer une heure de sédentarité par une heure d'AP légère diminue les risques de mortalité de 18%. Remplacer une heure de sédentarité par une heure d'AP d'intensité modérée à élevée diminue le risque de 42%. Cette diminution est d'autant plus marquée que les adultes sont faiblement actifs. Ainsi les auteurs concluent que les adultes très actifs sont protégés vis-à-vis des effets néfastes de la sédentarité.

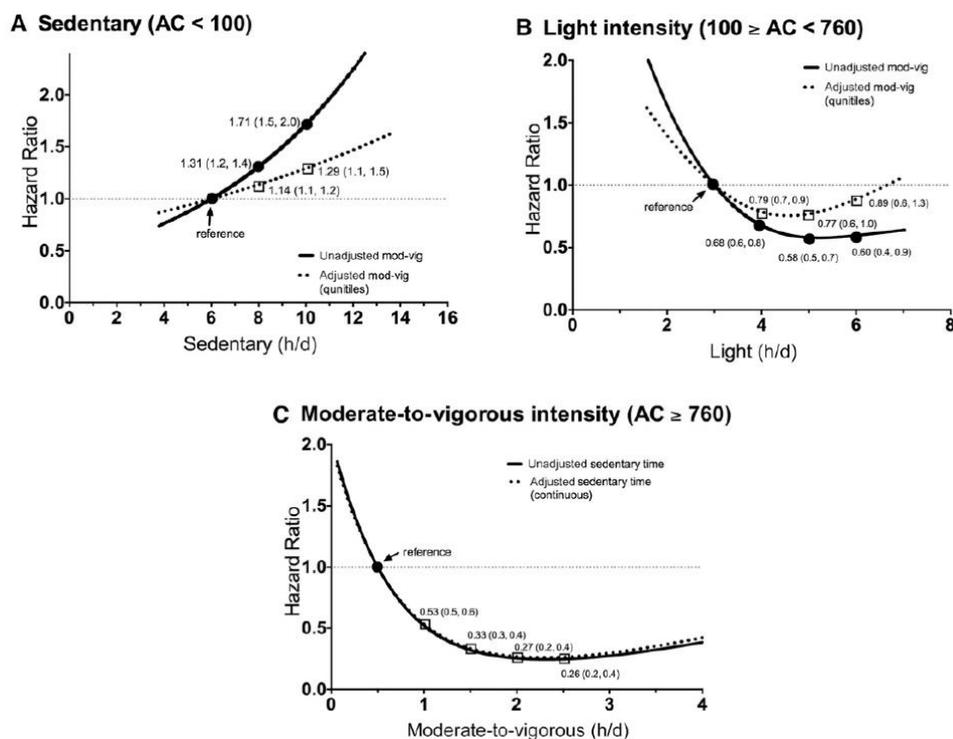


Figure 6 : Risques de mortalité associés à la sédentarité (A), l'activité physique légère (B), modérée et élevée (C).  
Figure extraite de Matthews et al. (2016) <sup>62</sup>

Quand l'IP et la sédentarité sont installées depuis longtemps et de façon concomitante à la maladie chronique, on parle de déconditionnement physique. Celui-ci survient avec l'apparition de douleur et/ou de fatigue et d'émotions négatives. Dans leur étude, Sokka et al. (2008) ont montré que l'IP était plus élevée chez les patients dont les niveaux de douleurs articulaires et de fatigue sont élevés, et que les incapacités fonctionnelles, à l'origine de la perte d'autonomie, sont associées à l'IP <sup>63</sup>. Autrement dit, les patients les plus fragiles sont moins actifs, ce qui engendre par la suite l'apparition d'incapacités, entretenant alors l'IP. C'est ainsi que s'amorce le cercle vicieux du déconditionnement physique. L'une des théories avancées pour expliquer l'existence de ce déconditionnement est l'évitement de la peur (Figure 7). Ce modèle décrit comment la douleur et sa dramatisation sont à l'origine de la peur de la douleur et de son évitement, entraînant à terme le déconditionnement, mais également la dépression et les incapacités physiques <sup>64</sup>.

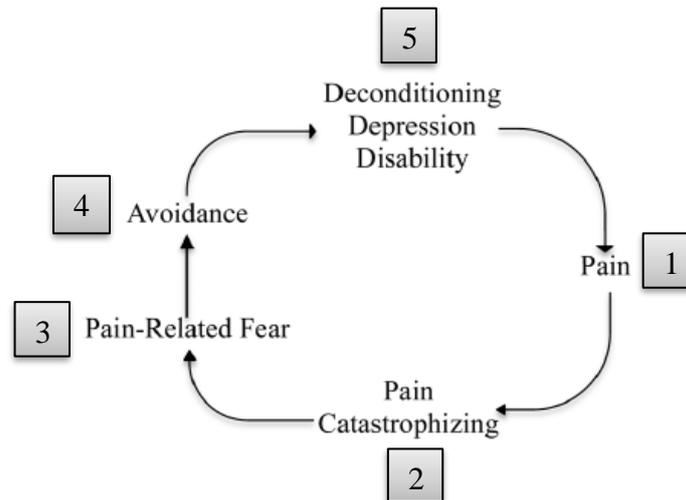


Figure 7 : Modèle de l'évitement de la peur de la douleur chronique  
Figure extraite de Kroska (2016) <sup>64</sup>

Afin de confirmer l'enchaînement des causes et des conséquences dans ce modèle, Kroska (2016) a réalisé une méta-analyse <sup>64</sup>. Les résultats montrent une association positive et significative entre l'intensité des douleurs et l'évitement de la peur liée à la douleur.

Le déconditionnement est un phénomène commun aux maladies chroniques. Par exemple, dans le cas de la BPCO, les difficultés respiratoires entraînent au cours de l'AP un essoufflement plus ou moins grand. Cet essoufflement peut être inconfortable et devenir une source de stress et d'angoisse. Ainsi la peur de l'essoufflement est l'une des raisons de la diminution de l'AP. Il a été démontré dans la population générale que l'IP est associée à une diminution du volume total expiré en une seconde <sup>65</sup>. Or il existe une relation inverse entre ce volume et les altérations du fonctionnement respiratoire. Il a également été démontré dans une population de personnes âgées, que la diminution modérée ou sévère de la mobilité, définie par une vitesse de marche inférieure à  $0,8 \text{ m.s}^{-1}$ , est significativement associée à une faiblesse des muscles respiratoires et par conséquent à l'essoufflement <sup>66</sup>. Ainsi, la dyspnée induite par la BPCO engendre une diminution de l'AP qui renforce les difficultés respiratoires du malade. Au-delà des difficultés respiratoires, l'IP impacte également les performances. Sandroff et al. (2015) ont comparé l'AP quotidienne, la capacité aérobie, mesurée par le pic de consommation d'oxygène ( $\text{VO}_{2\text{pic}}$ ) et l'endurance (test de marche de six minutes) entre des individus atteints de sclérose en plaque et des individus sains <sup>67</sup>. Les résultats montrent d'une part que les individus atteints de sclérose en plaque sont inactifs, et d'autre part qu'ils ont une capacité aérobie et une distance de marche significativement diminuée comparé aux individus sains. De plus la vitesse de marche est un marqueur connu du risque de mortalité. Cesari et al. (2005) ont comparé les vitesses de marche de 3 047 personnes âgées afin d'identifier quelle serait la valeur seuil définissant la fragilité au regard des capacités fonctionnelles <sup>68</sup>. Les auteurs concluent que les personnes âgées ayant une

vitesse de marche inférieure à  $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  doivent être considérées à risque d'incapacités. Studenski et al. (2011) montrent chez des volontaires de plus de 65 ans une amélioration de l'espérance de vie avec l'augmentation de la vitesse de marche au-delà de  $0,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  <sup>69</sup>. Au stade ultime du déconditionnement physique, tous les mouvements de la vie quotidienne, tels que se lever, faire le ménage ou encore préparer à manger, deviennent inconfortables et douloureux. Le malade perd son autonomie et devient dépendant.

Quelle que soit la maladie chronique, l'IP et la sédentarité sont considérées comme des facteurs déclencheurs et des comportements aggravants. Ces deux types de comportements sont alors essentiels à prendre en compte dans le traitement des maladies, notamment pour lutter contre le déconditionnement physique et la perte d'autonomie.

### *II.1.2.2 Les autres facteurs comportementaux : alimentation déséquilibrée, usage du tabac et consommation d'alcool.*

Comme expliqué au début de ce chapitre, les MCNT ont une origine multifactorielle. Parmi les autres facteurs comportementaux mis en cause, on retrouve l'alimentation déséquilibrée, les apports énergétiques excessifs, l'usage du tabac et la consommation excessive d'alcool. Ces facteurs, seuls ou combinés, sont eux aussi associés à une augmentation du risque de développer une maladie cardiovasculaire, un diabète de type 2, un cancer, une BPCO et les comorbidités associés et une augmentation du risque de mortalité.

Les facteurs de risque comportementaux majeurs mentionnés ci-dessus sont également délétères pour la santé par leur impact sur l'activité de certains gènes. Imam et Ismail (2017) se sont intéressés aux divers effets épigénétiques des facteurs environnementaux combinés aux facteurs comportementaux <sup>70</sup>. Selon ces deux auteurs, les facteurs environnementaux de l'ère préindustrielle (famine, déficience nutritionnelle par exemple) ont entraîné des modifications épigénétiques lors de la vie intra-utérine prédisposant ainsi la génération post-industrielle actuelle à un risque plus élevé de développer une maladie chronique. Alors que la génération actuelle en Occident n'est plus exposée à ces conditions de vie, elle l'est en revanche fortement aux nouveaux facteurs comportementaux (suralimentation, alimentation riche en graisses et sucres raffinés, pauvres en fibres, IP, sédentarité...), qui combinés à ces modifications épigénétiques, aggravent le risque de développer une maladie chronique. Leur modèle souligne également que ce risque peut être réduit, notamment en ayant des comportements sains (Figure 8).

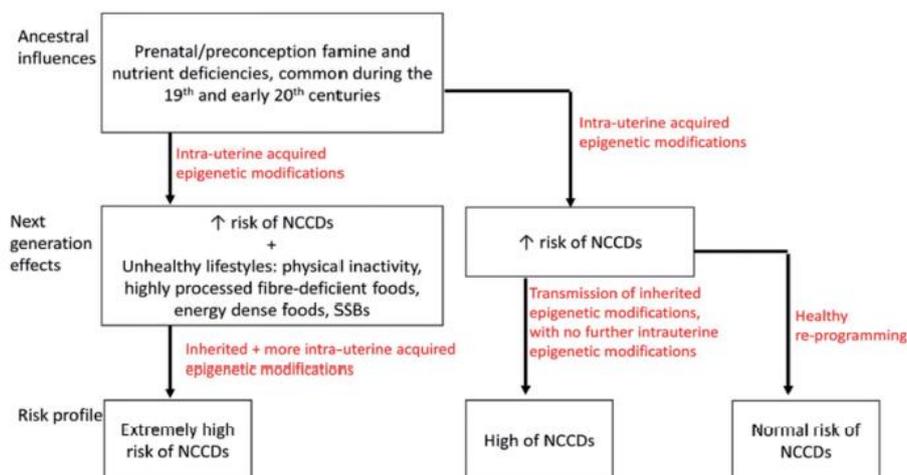


Figure 8: Modèle des effets cumulés des modifications épigénétiques et des facteurs modes de vie sur le profil de risque de maladies chroniques.

Figure extraite de Imam et Ismail (2017) [70](#)

### II.1.2.3 Les facteurs socio-économiques et psychologiques des MCNT

L'IP, la malnutrition, l'usage du tabac ainsi que la consommation excessive d'alcool sont des facteurs de risque dont la prévalence est plus élevée dans les pays développés qu'en voie de développement. En effet, Dumith et al. (2001) se sont intéressés à la prévalence de l'IP dans 76 pays différents, classés selon un indice de développement [71](#). Cet indice comprend les trois notions de base du développement, à savoir i) une vie longue et saine estimée par l'espérance de vie à la naissance, ii) le taux d'alphabétisation et le niveau d'éducation et iii) le produit intérieur brut par habitant. Les auteurs ont mis en évidence une relation positive non linéaire entre l'indice de développement et la prévalence de l'IP. Cette association est plus marquée chez les hommes que chez les femmes.

L'IP s'est progressivement installée là où l'urbanisation et l'industrialisation ont connu un fort développement. Les comportements de chacun ont été modifiés au fil des années et se sont ancrés dans les mœurs. L'automobile était initialement un luxe. Son usage aujourd'hui est une nécessité quotidienne qui fait partie des modes de vie actuels. L'expansion des villes et la généralisation des réseaux routiers ont notamment contribué à cette nouvelle dépendance. L'IP est progressivement induite, de façon inconsciente, par des comportements habituels, tels que se garer le plus près possible des bâtiments pour marcher le moins possible, prendre l'ascenseur pour éviter de monter un escalier même d'un étage. Au-delà des moyens de transports, et du monde professionnel, l'industrialisation bouleverse également la vie quotidienne au domicile. La technologie, par exemple, facilite les tâches ménagères, permettant aux femmes un gain de temps considérable et un moindre effort physique [72](#). Archer et al. (2013) ont collecté des données entre 1965 et 2010, sur le temps passé par les femmes, âgées de 19 à 65 ans, aux tâches

ménagères et la dépense énergétique associée. Il est important de préciser que la plupart des tâches ménagères sont considérées comme des activités physiques d'intensité modérée de même ordre que la marche à allure normale. L'analyse de ces données montre une diminution significative du temps alloué aux tâches ménagères de l'ordre de 12,4 heures par semaine. En 1965, les femmes passaient en moyenne 25,7 heures par semaine contre 13,3 heures semaine en 2010. De façon surprenante, cette diminution est plus forte chez les femmes sans emploi. Au regard de la dépense énergétique, les résultats montrent une diminution significative, de 666 kcal/jour en 1965 à 400 kcal/jour en 2010. A l'inverse, le temps passé devant un écran (télévision et ordinateur) augmente significativement, passant de 8,3 heures par semaine à 16,5 heures par semaine. Cette augmentation est significativement plus élevée chez les femmes sans emploi comparé aux femmes avec un emploi (9,6 h/sem versus 7,5 h/sem). Le temps libéré par l'usage des équipements ménagers semble alors être remplacé par des comportements sédentaires.

Le niveau d'éducation joue également sur la prévalence de l'IP. L'étude INCA 3 indique que la proportion d'adultes, en particulier les hommes, à avoir un niveau d'AP élevé est double chez les individus de niveau Bac +4 ou plus comparé aux individus ayant un niveau d'éducation équivalent au collège. En revanche la sédentarité est d'autant plus élevée que le niveau d'étude est élevé. Cette même étude souligne une relation similaire entre la catégorie socio-professionnelle et le niveau d'AP. Les cadres sont plus nombreux (19%) à avoir un niveau d'AP élevé que les employés (5,6%) ou que les ouvriers (6,8%). A l'inverse, le temps de sédentarité est plus élevé chez les cadres, 68% d'entre eux passent plus de 7 heures par jour assis. Selon Hallal et al. (2012), l'AP au travail est plus élevée chez des individus ayant de faibles revenus que chez des individus à forts revenus. A l'inverse, l'AP de loisir est plus élevée pour les individus à fort revenu que pour les individus à faible revenu <sup>39</sup>. Ce paradigme a également été étudié par Kirk et al. (2011) <sup>73</sup>. Leurs analyses semblent confirmer cela, puisque les individus dont le travail implique de nombreuses heures de travail assis sont plus à risque au regard de l'IP. Néanmoins ils précisent que les corrélations entre l'AP au travail et l'AP de loisir sont complexes.

Dans une cohorte prospective, Willey et al. (2010) ont étudié l'impact, chez des adultes de plus de 39 ans, de certains déterminants socio-économiques sur l'IP <sup>74</sup>. Les résultats montrent que des facteurs tels que l'isolement social (avoir moins de 3 amis, ou recevoir moins de deux visites par semaines à son domicile), la dépression ainsi qu'un faible niveau d'éducation sont associés à l'IP. L'analyse multivariée révèle que le risque d'être inactif est augmenté de 41% pour un

individu ayant moins de trois amis, de 22% pour un individu recevant moins de deux visites et ayant un niveau d'éducation faible, et de 70% pour un individu en état de dépression. Gregorio et al. (2017) ont rapporté que les symptômes de la dépression sont également associés à un régime alimentaire déséquilibré, qui est lui-même associé à l'usage du tabac et à la consommation d'alcool, réunissant ainsi les quatre facteurs de risque majeur pour la santé <sup>75</sup>. A titre d'exemple, les adultes dépressifs présentent un risque augmenté de 37% de développer un diabète de type 2 <sup>76</sup>.

Bien que les prévalences des facteurs de risque associés aux maladies chroniques soient plus faibles dans les pays en voie de développement, ceux-ci sont bien présents. La pauvreté est un facteur socio-économique aggravant. La consommation excessive d'alcool touche les pays à fort et à faible revenu, mais pas de la même façon. Dans l'étude de Smith et al. (2015), la consommation régulière d'alcool est plus faible dans les pays à faible revenu qu'à fort revenu <sup>77</sup>. Ainsi dans les pays à faible revenu, la consommation d'alcool est généralement moins fréquente, mais lorsqu'un individu en consomme, c'est en plus grande quantité que dans les pays à fort revenu. Le type de boisson consommée diffère également. Le vin est consommé en majorité dans les pays à fort revenu, alors que dans les pays à faible revenu, les alcools forts sont privilégiés. De plus, les individus vivant en dessous du seuil de pauvreté ou avec un faible revenu se tournent plus facilement vers des produits alimentaires à forte densité énergétique et de faible qualité nutritionnelle, qui sont généralement moins chers que les produits peu ou pas transformés. Par ailleurs, la précarité, dans laquelle ils vivent, ne leur permet pas non plus d'accéder aux infrastructures proposant des AP de loisirs ou sportives, souvent payantes.

Globalement les facteurs favorisant l'IP et la sédentarité sont le sexe, l'âge, la présence d'une ou plusieurs maladies chroniques, un faible revenu, un faible niveau d'éducation et un accès restreint aux infrastructures sportives et médicales. L'isolement social et la dépression sont également des facteurs qui initient et/ou confortent des modes de vie délétères pour la santé.

Néanmoins d'autres déterminants existent. Récemment un consortium européen (DEDIPAC) s'est intéressé aux déterminants des comportements, notamment en AP. Les déterminants étudiés sont d'ordre biologique (sexe, âge, état de santé), psychologique (intention, attitude, perception), comportemental (habitudes, mode de vie), environnemental (accès aux infrastructures, zone piétonne), socio-culturel (famille, désirabilité sociale), économique (statut socio-économique) et politique (plan de prévention et promotion) <sup>78</sup>. Un groupe de travail a identifié une liste de 106 facteurs potentiellement associés au comportement actif <sup>79</sup>. Ces

facteurs sont de deux types, à savoir le type « Personnel » et le type « Sociétal ». Le domaine « Personnel » est subdivisé en deux catégories appelées « contexte intra-personnel et bien-être » et « famille et statut socio-économique ». Le domaine « Sociétal » regroupe quatre catégories, à savoir les politiques de santé publique, le contexte culturel, le soutien social et l'environnement. Parmi ces 106 facteurs, 25 sont reconnus comme les plus influents sur les comportements actifs, dont plus de la moitié font partie de la catégorie « contexte intra-personnel et bien-être » <sup>79, 80</sup> (Tableau 3).

| Catégories                                   | Facteurs   |   |  |
|--|--|---|--|
| <b>Contexte Intra-personnel et bien-être</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- IMC</li> <li>- Niveau d'AP</li> <li>- Croyances</li> <li>- Emotions</li> <li>- Sentiment d'inadéquation</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Etat de santé</li> <li>- Intuitions, attitudes</li> <li>- Barrières perçues</li> <li>- Bénéfices perçus</li> <li>- Objectifs personnels</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacités physiques</li> <li>- Auto-suivi de l'AP</li> <li>- Auto-perception</li> </ul> |
| <b>Famille et statut socio-économique</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Encouragements, soutien</li> </ul>  |   |  |
| <b>Politiques de santé publique</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Accès aux infrastructures</li> <li>- Education santé</li> <li>- Programme d'AP à l'école</li> <li>- Plan d'AP</li> <li>- Installations sportives</li> </ul> |   |  |
| <b>Contexte culturel</b>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Activité collective</li> <li>- Exposition à la TV</li> </ul>  |   |  |
| <b>Soutien Social</b>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comportements du group</li> <li>- Santé du groupe</li> <li>- Soutien familial</li> </ul>  |   |  |
| <b>Environnement</b>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Développement de sport organisé</li> </ul>  |   |  |

Tableau 3 : Classification des 25 facteurs les plus influents dans les comportements actifs. Données issues de Condello et al. (2016) <sup>79</sup>

### II.1.3 Prise en charge thérapeutique par les modifications du mode de vie

Les facteurs de risques comportementaux présentés précédemment sont apparus progressivement avec les nouveaux modes de vie. L'association avec la pandémie des maladies chroniques est indéniable, c'est pourquoi les maladies chroniques sont également considérées comme des maladies liées au mode de vie. Selon Sagner et al. (2014), ces maladies sont physiopathologiques. Ces auteurs émettent l'hypothèse qu'un changement de mode de vie peut significativement améliorer la prévention et le traitement de celles-ci <sup>81</sup>. Ceci est à l'origine d'une nouvelle médecine, appelée « Lifestyle medicine » ou médecine des modes de vie. Elle

est définie comme une branche de la médecine dans laquelle les changements des modes de vie (nutrition, AP, gestion du stress...) sont utilisés pour prévenir, traiter et inverser la progression des maladies chroniques.

Des études ont montré qu'il était possible d'induire des changements comportementaux et d'améliorer des paramètres de santé au cours d'interventions. Un deuxième enjeu est de maintenir le changement comportemental au-delà de l'intervention, c'est-à-dire sur le long terme. Pour cela, des psychologues ont étudié les déterminants des comportements afin d'élaborer des modèles théoriques expliquant les changements. Les théories les plus connues sont présentées dans les paragraphes suivants.

### *II.1.3.1 Les théories utilisées pour motiver le changement comportemental*

L'étude des comportements s'intéresse aux motifs, à la cause ou à la raison d'un comportement. On distingue deux catégories de motifs. Les motifs primaires correspondent à l'origine psychologique du comportement. Cette notion implique alors que l'origine de la motivation est interne à l'individu. Les motifs secondaires, admettent quant à eux la possibilité que des facteurs externes puissent être à l'origine de la motivation. L'étude des motivations nécessite l'utilisation de modèles théoriques. On distingue deux types de théories, à savoir les théories du contenu et les théories de processus. Les théories de contenu ont pour objectif d'expliquer par quoi l'individu est motivé. Les théories de processus, s'intéressent aux processus motivationnels, c'est-à-dire comment un individu est motivé.

#### *II.1.3.1.1 Le modèle transthéorique (Prochaska)*

Le modèle transthéorique (MTT) est également appelé théorie des stades du changement de comportement. Ce modèle, décrit par Prochaska et Di Clemente en 1982 est issu d'une analyse comparative de 18 théories <sup>82</sup>. Il ressort que quatre variables sont essentielles à prendre en compte pour expliquer le changement comportemental, à savoir les conditions préalables au changement, le processus, le contenu et la relation avec le comportement. Le MTT est fondé sur la succession de six stades <sup>83</sup>. Ces stades correspondent à la décomposition temporelle du changement comportemental. Le premier stade est la pré-contemplation. C'est une phase au cours de laquelle l'individu ne compte pas changer de comportement. A ce stade l'individu n'a généralement pas connaissance ou est peu informé des conséquences de son comportement ou a essayé de changer de comportement à plusieurs reprises sans réussir. Le deuxième stade est la contemplation. C'est la phase où l'individu a conscience de son comportement et des conséquences néfastes. Il prévoit de le modifier dans les six prochains mois. Au cours de cette

phase, l'individu compare notamment les bénéfices et les inconvénients vis-à-vis du changement comportemental. Le troisième stade est la préparation à l'action. L'individu a pris sa décision, il se sent prêt à changer de comportement dans un futur proche. C'est au cours de cette phase que l'individu élabore un plan d'action, qu'il mettra en place dans le quatrième stade. Au cours du stade de l'action, l'individu est engagé dans l'adoption de son nouveau comportement. Cette phase dure environ 6 mois. Au cours de celle-ci, le soutien et les encouragements des autres sont essentiels. Le cinquième stade est le maintien. L'individu est engagé dans son nouveau comportement depuis 6 mois, il travaille maintenant sur le maintien et la prévention de la rechute. Le maintien est une étape décisive, elle peut durer de 6 mois à 5 ans. Le sixième stade est soit la sortie définitive du processus, soit la rechute. La sortie définitive est le stade ultime de changement du comportement. A ce stade l'individu n'a aucune tentation et son sentiment d'auto-efficacité est à son maximum. Dans certains domaines, tels que l'AP, ce dernier stade correspond à une phase de maintien indéfini dans le temps. La rechute intervient lorsqu'un individu au stade d'action ou de maintien retourne à un stade antérieur. L'intérêt de ce processus est qu'il forme un cycle, ainsi un individu qui rechute peut reprendre le processus de changement de comportement.

#### II.1.3.1.2 La théorie de l'action raisonnée

La théorie de l'action raisonnée a été décrite en 1975 et 1980 par Ajzen et Fishbein <sup>84, 85</sup>. Cette théorie rejette l'hypothèse que les actions d'un individu sont uniquement gérées par des motivations inconscientes. Selon ces deux auteurs, les choix comportementaux sont au préalable pensés et raisonnés. Le comportement est le fruit d'un processus de réflexion, c'est pourquoi la théorie de l'action raisonnée est une théorie de processus. Le comportement est directement lié à l'intention de l'individu (Figure 9). Dans ce modèle, l'intention est la résultante de deux déterminants, à savoir l'attitude et les normes subjectives. L'attitude, vis-à-vis du comportement, est une évaluation des bénéfices et des inconvénients quant à l'adoption de ce comportement. L'attitude est sous l'influence directe des croyances comportementales de l'individu. Les normes subjectives, ou encore les perceptions des pressions sociales, renvoient directement aux normes que l'individu considère comme admissibles, voire valorisantes au regard d'autrui. Lorsque l'attitude et les normes sont favorables et vont dans le même sens, alors l'intention de l'individu est forte. Ainsi, le comportement sera probablement adopté. En revanche, lorsque ces deux déterminants sont en contradiction, l'individu devra en premier lieu résoudre ce conflit.

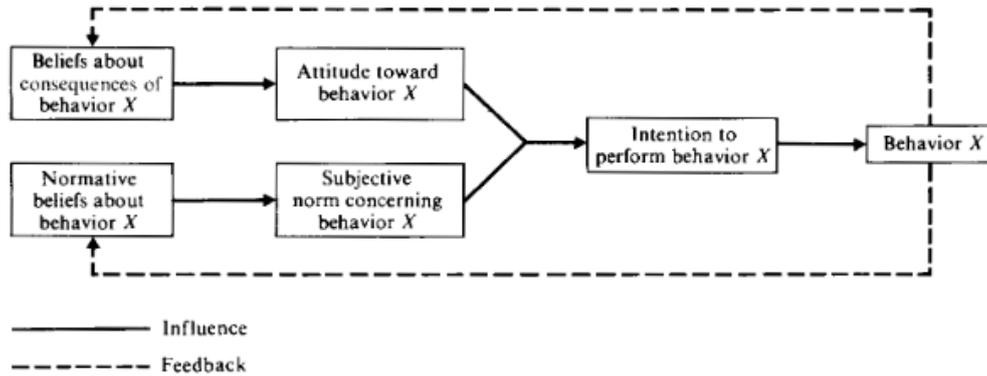


Figure 9 : La théorie de l'action raisonnée  
 Figure extraite de Fishbein et Ajzen (1975) <sup>85</sup>

Les travaux utilisant de cette théorie ont donné lieu à un nouveau modèle, appelé théorie du comportement planifié (Ajzen, 1991) <sup>86</sup>. Cette nouvelle théorie implique que l'intention n'est plus le produit de deux déterminants, mais de trois déterminants A l'attitude et aux normes subjectives, Ajzen ajoute la notion d'auto-efficacité. Cette notion, est identique à celle évoquée par Bandura en 1986 (cf II.1.3.1.4), à savoir la croyance qu'a l'individu en ses propres capacités de réussite.

### II.1.3.1.3 La théorie de l'auto-détermination

Deci et Ryan (1985, 1991, 1995 et 2000) proposent, à travers leurs différents travaux, une représentation multidimensionnelle de la motivation dans laquelle différentes motivations et régulations interviennent tout au long d'un continuum, dit de l'auto-détermination. Le long de ce continuum, Deci et Ryan décrivent trois formes motivationnelles. La première est l'amotivation, en référence à l'absence de motivation et d'autorégulation (Figure 10). Il semble qu'elle soit expliquée par la résignation de l'individu vis-à-vis du comportement à changer, par la perception d'un manque de compétence et/ou d'un manque d'intérêt pour ce comportement. La deuxième forme est appelée motivation extrinsèque (Figure 10). Au sein de cette motivation, les auteurs distinguent quatre régulations en fonction de leur degré d'auto-détermination. La première régulation est externe. Celle-ci fait référence à l'action dans le but de répondre à une demande externe ou aux pressions sociales, ou pour éviter quelque chose de désagréable. La deuxième régulation, appelée introjectée, est issue des mêmes pressions extérieures que la précédente. Néanmoins l'individu commence à les intérioriser. L'action est un peu plus autodéterminée dans la mesure où des pressions internes, telles que le sentiment de culpabilité ou de honte, apparaissent dans la régulation du comportement. La troisième est la régulation identifiée. Le comportement est entièrement régi par des pressions internes, puisque l'individu a identifié le comportement comme bénéfique pour lui. Lorsque que ce comportement identifié

est totalement intégré au comportement de l'individu, on parle de régulation intégrée. Cette dernière régulation est la forme la plus autodéterminée des motivations extrinsèques puisque l'action devient spontanée. La troisième forme de motivation correspond à la motivation intrinsèque (Figure 10). Dans ce cas, le comportement est conduit uniquement par intérêt et plaisir, sans attente de récompense externe. Enfin, on distingue deux autres sous-ensemble de motivation. Les régulations externe et introjectée font partie de la motivation contrôlée, notamment par une pression extérieure. Les régulation identifiée, intégrée et intrinsèque font partie de la motivation autonome puisque pour ces trois régulations, l'action effectuée est autodéterminée.

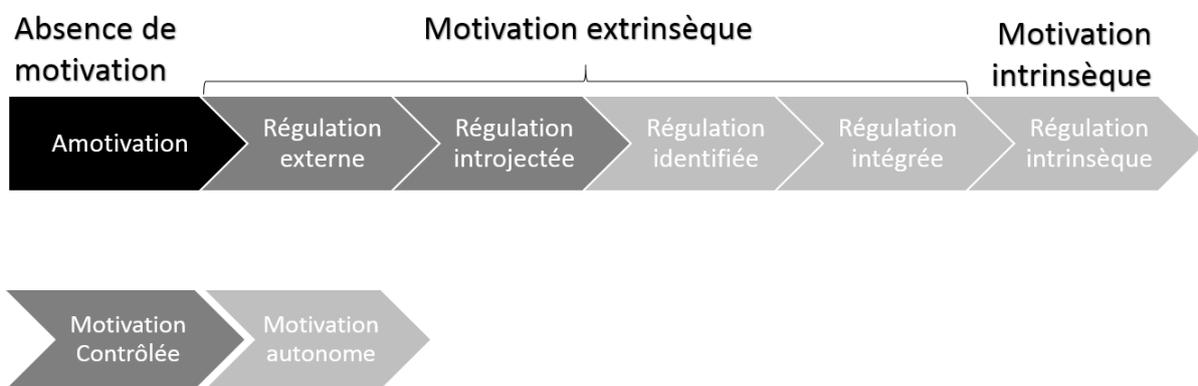


Figure 10 : Les motivations le long du continuum de l'auto-détermination

#### II.1.3.1.4 La théorie sociale cognitive

La théorie sociale cognitive a été décrite par Bandura en 1986 <sup>87</sup>. Cette théorie était initialement appelée théorie de l'apprentissage social. Celle-ci décrivait notamment les processus d'apprentissage d'un nouveau comportement en observant celui des autres. D'après Bandura, le sentiment d'efficacité personnelle, ou auto-efficacité, est la base de la motivation, du bien-être et des accomplissements personnels. Cette théorie est organisée selon un triangle dynamique dont chaque sommet interconnecté représente un déterminant du comportement (Figure 11). Elle est fondée sur les interactions réciproques entre des facteurs personnels, des facteurs liés au comportement et des facteurs liés à l'environnement. Comme dans beaucoup de théories, l'environnement influence le comportement. En revanche, d'après Bandura, l'effet de l'environnement sur le comportement n'est significatif qu'à partir du moment où l'individu prend conscience de ce comportement. Dans ce modèle, l'aspect cognitif et les croyances de l'individu quant à ses capacités à changer, jouent un rôle essentiel.

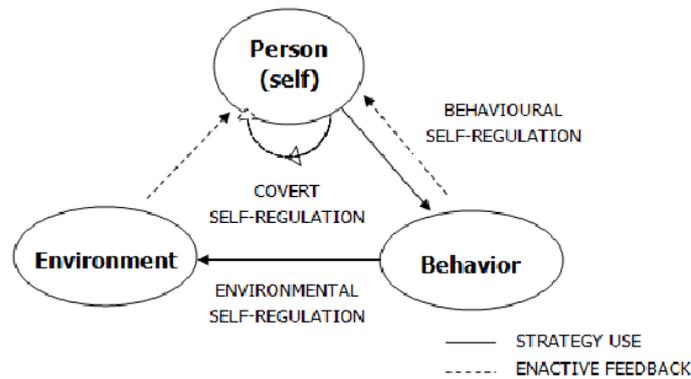


Figure 11 : La théorie sociale cognitive  
Figure extraite de Bautista (2012) <sup>88</sup>

Il existe beaucoup d'autres théories pour expliquer les changements comportementaux et c'est un champ de recherche à part entière. Pour accroître le niveau d'AP des patients atteints de maladies chroniques, le corps médical a fait le choix de proposer des programmes de ré-entraînement à des personnes volontaires pour changer de comportement et qui présentent une attente concernant l'amélioration de leur état de santé.

### II.1.3.2 Les programmes de réentraînement pour les patients chroniques

Dans la prise en charge thérapeutique des MCNT, l'AP a effectivement une place majeure. Les patients sont invités à suivre des programmes de réentraînement sous contrôle médical afin d'inverser le processus du déconditionnement physique, d'augmenter leur condition physique (endurance, force), et d'améliorer de nombreux paramètres cliniques, biologiques et psychologiques. A terme, ces programmes ont pour objectif d'améliorer l'état de santé des patients mais également d'améliorer leur qualité de vie.

#### II.1.3.2.1 L'Activité Physique Adaptée (APA)

En France, en 2008, les politiques de santé mettent l'accent sur la notion d'éducation thérapeutique, définie comme un processus de renforcement des capacités du malade et/ou de son entourage à prendre en charge l'affection qui le touche, sur la base d'action intégrées au projet de soins. En 2011, la Haute Autorité de Santé souligne, quant à elle, l'importance de la prescription de thérapeutiques non médicamenteuses, parmi lesquelles on trouve l'AP.

L'Activité Physique Adaptée (APA) est un sous domaine de l'AP, qui est généralement associé à la notion d'incapacité physique. Ce concept a vu le jour en 1973 avec la création de la fédération internationale de l'activité physique adaptée au Canada. Elle définit alors l'APA comme « un corps interdisciplinaire de connaissances, pratique et théorique, à des fins de diminution des déficiences, des limitations physiques et des restrictions de participation à l'AP.

L'APA inclut la culture physique, le sport, le loisir, la danse, les arts créatifs, la nutrition, la médecine et la réadaptation. Pour la Société Française des Professionnels en APA, ces activités regroupent l'ensemble des AP et sportives, adaptées aux capacités de la personne. Les APA sont notamment dispensées auprès des personnes en situation de handicap, et/ou vieillissantes, atteintes de maladie chronique ou en difficulté sociale, à des fins de prévention, de rééducation, de réadaptation, de réhabilitation, de réinsertion, d'éducation et/ou de participation sociale. Ainsi, l'importance des APA dans le traitement des maladies chroniques est pleinement affirmée. Récemment le « sport sur ordonnance » a été inscrit dans la loi de santé. Le 30 Décembre 2016 un décret était promulgué selon lequel « le médecin traitant peut prescrire aux patients, atteints de l'une des 30 affections de longue durée (ALD) répertoriées, une AP dispensée par l'un des 3 intervenants suivants, à savoir 1) un professionnel de santé, 2) un professionnel titulaire d'un diplôme en APA ou 3) un professionnel ou une personne qualifiée disposant d'une prérogative pour dispenser d'une AP aux patients atteints d'une ALD ». Ce décret est mis en application depuis le 1<sup>er</sup> Mars 2017 en apportant des précisions sur les professions habilitées à dispenser une APA. Certaines assurances et mutuelles prennent part à ce mouvement. La Maif et la mutuelle des sportifs s'associent pour offrir un remboursement des APA à hauteur de 500€ sur deux ans. Certaines villes ont mis en place de tels dispositifs avant même le vote du décret du sport sur ordonnance. Non seulement, Strasbourg propose, depuis 2012, la gratuité pendant 1 an des séances de sport sur ordonnance, mais aussi des petites communautés de communes comme Murat dans le Cantal.

Les activités physiques et sportives sont nombreuses. Elles peuvent néanmoins être classées selon les fonctions physiologiques impliquées. On distingue alors les activités cardio-respiratoires, musculaires, de souplesse et d'équilibre. Quel que soit le type d'activité, il est indispensable de débiter chacune des séances par 15 minutes d'échauffement, afin de limiter les blessures ou les douleurs musculaires et articulaires. Pour les malades sous thérapie médicamenteuse, tels que les diabétiques, il est essentiel d'avoir les médicaments à portée de main. A la fin de la séance, il est également recommandé de respecter un temps de retour au calme et d'étirement, afin d'optimiser la récupération. Les blessures, les douleurs ainsi qu'une mauvaise récupération sont des facteurs qui peuvent favoriser l'arrêt de l'activité.

Il existe également des règles spécifiques pour certaines maladies chroniques (suivi de la glycémie chez un sujet ayant un diabète de type 2 lors d'un exercice de durée prolongée <sup>89</sup>, AP en décharge<sup>8</sup> pour des sujets ayant une arthrose des membres inférieurs...) (*Annexe 3*).

#### II.1.3.2.2 Les activités cardio-respiratoires

Les activités cardio-respiratoires sont également appelées activités d'endurance ou en aérobie. Elles englobent toutes les activités dont l'objectif est d'améliorer ou d'entretenir les capacités d'endurance, c'est-à-dire maintenir des exercices à une intensité donnée de façon prolongée <sup>14</sup>. Les activités cardio-respiratoires mobilisent, en général, plusieurs groupes musculaires sur de longues durées. La mobilisation musculaire peut aussi être brève et intense. On parle dans ce cas-là, d'entraînement intermittent ou fractionné. Ce type d'exercices alterne de façon répétée des phases de travail très intense et brève et des phases de récupération.

En clinique, les capacités aérobies sont évaluées au cours de test d'effort sur ergocycle ou tapis roulant. Au cours de ce test, la consommation d'oxygène ( $VO_2$ ) est mesurée afin d'obtenir la consommation maximale ( $VO_{2max}$ ). Cette valeur correspond à la quantité maximale d'oxygène (en millilitre) utilisée par unité de temps (en minute). Cette valeur est généralement ajustée au poids corporel de l'individu. Plus la  $VO_{2max}$  est élevée, plus l'organisme de l'individu est capable de consommer une quantité importante d'oxygène au cours d'un effort. Cela signifie que l'individu est capable de produire et maintenir un effort pendant une longue période sans essoufflement et fatigue et donc que les capacités aérobies sont élevées. Chez certains malades, la  $VO_{2max}$  n'est pas atteinte lors de l'épreuve d'effort. La quantité maximale d'oxygène consommée est alors appelée  $VO_{2pic}$ . En examen de routine, l'endurance peut également être estimée à l'aide de test simple comme le test de marche de six minutes. L'endurance est alors évaluée par la distance maximale parcourue en six minutes, ou par la vitesse de marche, qui est un indicateur de la capacité fonctionnelle.

Les sports d'endurance les plus connus sont la course, le cyclisme et la natation. Les activités physiques de la vie quotidienne qui entrent dans la catégorie d'endurance sont : la marche rapide, la montée d'escalier, les tâches ménagères actives ou encore le jardinage. L'augmentation de ces activités est notamment ciblée dans le cadre des APA. La marche est privilégiée car elle représente l'activité la plus accessible et la plus adaptée.

---

<sup>8</sup> Activités au cours desquelles le poids du corps n'est pas porté par le patient. Ex : vélo, natation

### II.1.3.2.3 Le renforcement musculaire

Les exercices musculaires ont pour objectif d'améliorer les caractéristiques musculaires, c'est-à-dire la force, la puissance, l'endurance ou encore le volume musculaire.

La force musculaire est la capacité du muscle à produire ou exercer une force contre une résistance, à savoir le poids du corps ou des haltères. Il existe plusieurs types d'exercices de renforcement musculaire selon le type de contraction. On distingue tout d'abord les exercices isométriques des exercices anisométriques. Dans le cas des exercices isométriques, la longueur du muscle est constante. La contraction est alors qualifiée de statique. A l'inverse dans le cas des exercices anisométriques la contraction est dynamique puisque la longueur du muscle est modifiée. Ces exercices sont subdivisés en deux catégories, les exercices concentriques et les exercices excentriques. La contraction concentrique implique un rétrécissement du muscle, alors qu'il sera allongé au cours d'une contraction excentrique <sup>14</sup>. Par exemple sur un ergocycle, la contraction concentrique intervient lorsque l'individu pédale classiquement sans assistance. Lorsque le pédalage est dirigé par un moteur et dans le sens inverse, l'individu freine la fréquence de pédalage, on parle de rétropédalage, c'est la contraction excentrique (Figure 12).

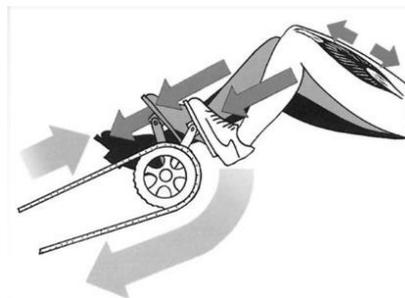


Figure 12 : Exercice de renforcement musculaire en excentrique sur ergocycle  
D'après R.Richard (2014)<sup>9</sup>

Plus simplement, lorsque l'on monte un escalier ou une côte on parle de contraction concentrique, et lorsque l'on descend, on parle de contraction excentrique. La puissance musculaire est étroitement liée à la force musculaire d'un individu. La puissance correspond au travail musculaire réalisé par unité de temps. Elle résulte donc de la force déployée et de la vitesse de contraction de l'individu. Enfin la dernière caractéristique intéressante dans les fonctions musculaires est l'endurance. L'endurance musculaire, se rapproche de l'endurance cardio-respiratoire, dans le sens où elle représente la capacité du muscle à maintenir dans le temps des contractions répétées ou une contraction unique durant 60 à 90 secondes <sup>14</sup>. Bien que

<sup>9</sup> [http://meetochondrie.ibgc.cnrs.fr/colloques/colloque7/presentations\\_colloque/r\\_richard.pdf](http://meetochondrie.ibgc.cnrs.fr/colloques/colloque7/presentations_colloque/r_richard.pdf)

rattaché au compartiment musculaire, cette capacité est indispensable pour la réalisation des activités d'endurance.

La force musculaire peut être mesurée par divers tests. La force musculaire des membres supérieurs peut par exemple être mesurée par un simple test de flexion du bras avec un haltère de 2 kg pour les femmes et 3 kg pour les hommes. La force musculaire est liée au nombre de flexion réalisée pendant 30 secondes <sup>90, 91</sup>. La force musculaire des membres inférieurs est, quant à elle, mesurée par exemple avec le test de répétition « assis-debout ». Lors de ce test l'individu doit se lever d'une chaise sans l'aide de ses bras puis s'asseoir. La force musculaire est liée au nombre de lever pendant 30 secondes <sup>90, 91</sup>.

Les exercices de renforcement musculaires impliquent classiquement l'utilisation d'haltères et de machines dédiées à des groupes musculaires spécifiques. Les exercices musculaires peuvent également être réalisés contre le poids du corps, c'est le cas par exemple du gainage et des squats<sup>10</sup>. Dans le cadre des APA, le renforcement musculaire implique les mêmes mouvements que les exercices de renforcement classiques. Toutefois afin d'adapter la difficulté, le patient peut utiliser une bouteille d'eau de 500 millilitres, pesant alors 500 grammes, à la place d'un haltère. Le poids du corps, peut par exemple être allégé en effectuant les exercices en position assise.

#### II.1.3.2.4 Les entraînements combinés

Les entraînements combinés sont composés de plusieurs types d'exercice. La combinaison la plus fréquente est l'association des activités cardio-respiratoires et des exercices de renforcement musculaire. De plus en plus d'entraînements combinés ajoutent des exercices de souplesse et d'équilibre au renforcement musculaire et à l'endurance. La souplesse permet entre autre de lutter contre la rigidité des membres et des articulations et par conséquent de réduire les douleurs. Les exercices de souplesse correspondent à des exercices d'étirements. La souplesse des hanches et du dos peut par exemple être travaillée en étant allongé, dos au sol, et en ramenant les genoux contre la poitrine. Les exercices d'équilibre sont généralement utilisés en prévention des risques de chutes. Ces exercices sont généralement simples et réalisables par tous sans matériel. Le travail de l'équilibre peut par exemple consister à se tenir debout sur une jambe le plus longtemps possible.

---

<sup>10</sup> Flexion des jambes en gardant le buste droit

#### II.1.3.2.5 Les bienfaits de l'activité physique en prévention secondaire et tertiaire

L'objectif de cette partie n'est pas de faire une revue exhaustive de la littérature sur les bienfaits de l'AP. Nous rappellerons cependant les principales actions de l'AP chez les patients atteints de pathologies chroniques puisque certains effets de l'AP seront évalués dans nos deux études expérimentales (« Motivactif » et « Thermactive »).

Chez les patients atteints d'une maladie chronique, l'AP ralentit la progression de la maladie, limite les complications liées à la multi-morbidité et diminue le risque de mortalité <sup>92</sup>. Ainsi, Schoenborn and Stommel (2011) ont étudié, dans la population générale (saine et malade), les liens entre l'atteinte des recommandations en AP, en terme d'endurance et de renforcement musculaire, et les risques de mortalité <sup>93</sup>. Chez les adultes atteints d'une maladie chronique, l'atteinte des recommandations d'endurance et de renforcement musculaire est associée à une diminution de 46% du risque de mortalité toutes causes confondues ( $p < 0,001$ ). L'atteinte des recommandations d'endurance seule est associée à une diminution de 34% du risque de mortalité toutes causes confondues ( $p < 0,001$ ), alors que l'atteinte des recommandations de renforcement musculaire n'est pas associée à une diminution du risque de mortalité. Ainsi les auteurs concluent que les bienfaits de l'atteinte des recommandations en AP résultent majoritairement de la pratique suffisante d'AP d'endurance <sup>93</sup>.

La marche est l'activité d'endurance la plus simple. Ainsi, cette activité a été étudiée dans le cadre de la prévention secondaire et tertiaire chez des malades chroniques. Par exemple, Gregg et al. (2003) montrent que les diabétiques de type 2 marchant au moins deux heures par semaine ont un taux de mortalité, toutes causes confondues, plus faible de 39% et un taux de mortalité cardiovasculaire plus faible de 34% par rapport aux diabétiques inactifs <sup>94</sup>. Williams et al. (2013) se sont intéressés aux maladies cardiovasculaires <sup>95</sup>. Ces auteurs montrent chez les individus marchant environ 5 heures par semaine (soit environ 45 minutes par jour), une diminution de 35% du risque de décès liés aux maladies cardiovasculaires, de 31% du risque de décès par maladie cardiaque ischémique et de 90% du risque de décès par diabète de type 2. Dans leur revue systématique, Alves et al. (2016) parlent même d'un gain de vie de 3 ans pour les individus pratiquant une AP au moins 90 minutes par semaine, comparé aux individus inactifs <sup>96</sup>.

A partir des données de la cohorte « Nurses' Health Study », Holmes et al. (2005) ont étudié, chez 2 987 femmes atteintes d'un cancer du sein, le risque de décès en fonction du niveau d'AP

<sup>97</sup>. Les femmes marchant 3 à 5 heures par semaine ont un risque de décès par cancer ou de récurrence diminué de 20 à 50% comparé aux femmes marchant moins de 3 heures.

Dans le cadre de la prévention secondaire et tertiaire, l'AP est un traitement à part entière permettant entre autre d'améliorer les capacités fonctionnelles, et ainsi lutter contre le déconditionnement physique et la perte d'autonomie <sup>92</sup>. Dans leur revue, Perderson et Saltin (2015) ont répertorié 26 maladies chroniques, incluant des maladies psychiatriques (n = 4), neurologiques (n = 3), métaboliques (n = 6), cardiovasculaires (n = 5), respiratoires (n = 3), des troubles musculo-squelettiques (n = 4) et les cancers, pour lesquelles la prescription d'AP est une thérapie à part entière <sup>98</sup>. Comparé à certains médicaments, l'AP a des effets similaires, et parfois même supérieurs à celui des traitements. En effet l'AP est une prise en charge thérapeutique avec peu d'effet secondaire indésirable. Durstine et al. (2013) soulignent même que l'AP modifie les mécanismes sous-jacents de la fonction physiologique ciblée, alors que les médicaments ne font souvent que masquer les signes ou les symptômes ou altérer artificiellement la fonction physiologique <sup>92</sup>. Ainsi l'AP peut être considérée comme une automédication naturelle. En effet, au-delà du risque de mortalité, l'AP a des effets bénéfiques sur l'ensemble des systèmes et des compartiments de l'organisme. L'AP génère des bienfaits non seulement au niveau cardio-vasculaire, respiratoire, métabolique, inflammatoire mais également au niveau du muscle, du tissu adipeux et du tissu osseux.

#### II.1.3.2.5.1 Les bienfaits sur les fonctions cardiovasculaires et respiratoires

Les systèmes cardio-vasculaire et respiratoire sont sollicités de façon majeure par les activités d'endurance. De ce fait, ces activités apportent de nombreux bénéfices aux niveaux de ces fonctions. Au niveau cardio-vasculaire, l'AP augmente les capacités aérobies ( $VO_{2pic}$ ), diminue la fréquence cardiaque au repos et à l'effort et améliore la pression artérielle <sup>96</sup>. Ces améliorations cardiovasculaires sont entre-autre liées à l'amélioration des propriétés mécaniques et contractiles du myocarde <sup>99</sup>. Au niveau respiratoire, l'AP contribue à améliorer les capacités et les fonctions respiratoires. Ces liens sont maintenant bien connus. A titre d'exemple, Belardinelli et al. (1999) montrent chez des insuffisants cardiaques que l'AP d'endurance diminue significativement la fréquence cardiaque de repos et augmente significativement les capacités aérobies et la valeur du seuil ventilatoire <sup>100</sup>. De plus, il existe une corrélation positive entre le niveau d'AP et le Volume Expiratoire Maximum par Seconde (VEMS) qui est un marqueur de la fonction pulmonaire. La diminution de ce volume est un facteur de risque cardio-vasculaire et de mortalité <sup>65</sup>. Dans cette étude, la mesure de l'AP inclut les activités de loisirs d'intensité élevée mais également le nombre d'étage monté par jour. Les

résultats montrent une association positive entre le niveau d'AP et le VEMS dans les deux sexes. Ainsi, l'AP augmente le seuil ventilatoire retardant l'essoufflement, et augmente les capacités respiratoires permettant ainsi aux patients de mieux tolérer l'effort

#### II.1.3.2.5.2 Les bienfaits sur la composition corporelle, les métabolismes glucidique et lipidique, et l'inflammation

Au-delà de ces effets cardiovasculaires et respiratoires, l'AP joue également un rôle sur la composition corporelle, la fonctionnalité des muscles et le bilan lipidique. Munos-vera et al. (2017) se sont intéressés aux effets de l'AP chez des adultes en surpoids ou obèses [101](#). Ils ont étudié l'influence du niveau d'AP sur la capacité physique, le profil lipidique et la composition corporelle. Les résultats montrent une association positive entre la force des membres inférieurs et le niveau d'AP des individus. La comparaison de la composition corporelle en fonction des niveaux d'AP, révèle des différences significatives entre le groupe inactif et le groupe actif pour la masse maigre ( $p = 0,05$ ) et musculaire ( $p = 0,04$ ). De plus, les sujets obèses, dont le niveau d'AP est le plus faible, ont également une cholestérolémie totale plus élevée de 6% et des concentrations de triglycérides plus élevées de 11% que les sujets obèses dont le niveau d'AP est modéré [101](#).

L'AP a aussi un effet sur la masse grasse viscérale. Rappelons que ce tissu adipeux joue un rôle majeur dans les complications cardio-métaboliques telles que l'insulino-résistance, les atteintes cardiovasculaires ou encore l'inflammation. Dans une revue systématique, Vissers et al. (2013) ont étudié chez des adultes en surpoids l'impact de différents programmes d'AP sur le tissu adipeux viscéral [102](#). Les résultats montrent que les AP, en particulier d'endurance d'intensité modérée à élevée, diminuent le volume du tissu adipeux viscéral, et cela en l'absence de régime hypocalorique. Néanmoins l'AP associée à une prise en charge nutritionnelle reste la meilleure combinaison dans le cadre de la perte de poids.

De par son effet sur le tissu adipeux viscéral, l'AP influence l'insulino-résistance et le métabolisme glucidique. Il est maintenant bien connu, chez l'adulte sain comme chez le patient diabétique, que l'AP augmente la captation du glucose au niveau du muscle par des mécanismes indépendants de l'action de l'insuline [89](#), [103](#). Cette captation reste élevée jusqu'à 2 heures après l'arrêt de l'exercice de façon indépendante de l'insuline, et jusqu'à 48 heures grâce à des mécanismes insulino-dépendants. En effet, pendant la période post-exercice la sensibilité à l'insuline est augmentée [89](#), [103](#). A cet effet, s'ajoutent, les effets de l'entraînement en endurance avec entre autres, une augmentation de la signalisation de l'insuline, de la densité des capillaires

et des capacités oxydatives du muscle. De plus, l'augmentation de la masse musculaire induite par les exercices de renforcement permet d'augmenter la quantité totale de glucose consommée. Cet ensemble concourt à améliorer le contrôle glycémique, couramment évalué à l'aide de la mesure du taux d'hémoglobine glyquée (HbA1c). Dans leur méta-analyse, Umpierre et al. (2011) ont comparé, chez des diabétiques de type 2, l'effet de différents types d'entraînement structuré (endurance, résistance ou combinés) <sup>104</sup>. Les résultats montrent que l'ensemble des exercices structurés, quel que soit leur type, induisent une diminution significative des taux d'hémoglobine glyquée (-0,67%). Les exercices d'endurance entraînent une diminution significative de 0,73%, alors que les exercices de renforcement musculaire aboutissent à une baisse significative de 0,57%. La combinaison des deux types d'exercices est associée à une diminution significative de 0,51%. Ainsi, le métabolisme glucidique est significativement amélioré par l'AP. Celui des lipides est également modifié par la pratique régulière de l'AP (effet aigu et chronique) avec l'augmentation de la lipolyse adipocytaire et de l'utilisation des acides gras au cours de l'exercice d'endurance <sup>103</sup>. Ainsi, le profil lipidique est moins athérogène et donc le risque cardiovasculaire est diminué.

Enfin, comme cité auparavant, le tissu adipeux viscéral joue un rôle dans l'inflammation puisqu'il sécrète des cytokines pro-inflammatoires dont la protéine C réactive. Une concentration de cette protéine au-delà de 10 mg/L est considérée comme un marqueur de micro-inflammation systémique. Les cytokines pro-inflammatoires contribuent, par exemple, à amplifier les douleurs articulaires en diminuant les seuils d'activation des récepteurs de la douleur. Ainsi, en diminuant la masse grasse viscérale, l'AP contribue à diminuer l'inflammation systémique et à améliorer les douleurs articulaires. De plus, lorsque le poids est diminué, la surcharge mécanique articulaire, à l'origine de fatigue, d'inflammation locale et de douleur, est également diminuée <sup>105</sup>. L'AP a également un effet anti-inflammatoire, indépendamment de la perte de poids, quand elle est pratiquée de façon modérée. Au travers de leur revue de synthèse, Nicklas et al. (2005) soulignent qu'il existe une relation dose-réponse inverse entre l'AP et la concentration plasmatique de la protéine C réactive, indépendamment de la perte de poids <sup>106</sup>. Ainsi, l'AP diminue directement les douleurs articulaires de par son effet anti-inflammatoire et indirectement de par son effet sur le tissu adipeux viscéral.

#### II.1.3.2.5.3 Les bienfaits sur le muscle, l'os et la prévention des chutes

L'activité de type renforcement musculaire présente aussi de nombreux effets démontrés. Son objectif principal est de maintenir ou d'augmenter la masse, la force et l'endurance musculaire. L'ensemble de ces paramètres musculaires sont essentiels dans la prévention de la sarcopénie,

la prévention des chutes, le maintien des capacités fonctionnelles et de l'autonomie <sup>99</sup>. De plus, l'augmentation de la masse musculaire permet d'améliorer le contrôle glycémique en potentialisant les voies de captation et d'oxydation du glucose.

Dans une revue systématique, Lange et al. (2008) se sont intéressés à l'efficacité des exercices de renforcement musculaire sur les symptômes et les altérations fonctionnelles chez des patients atteints d'arthrose du genou <sup>107</sup>. L'une des variables les plus étudiée dans les cas d'arthrose est l'intensité des douleurs articulaires. Plus de la moitié des études incluses dans cette revue montrent une amélioration de la douleur. La force musculaire est significativement augmentée dans 65% des études et les capacités fonctionnelles sont améliorées dans 79% des interventions.

Les entraînements combinés sont de plus en plus utilisés pour leurs nombreux bienfaits. Les exercices d'équilibre sont essentiellement recommandés afin de prévenir les risques de chute et par conséquent des fractures. Cette prévention est essentielle, par exemple chez les diabétiques atteints de neuropathie périphérique. Dans une méta-analyse, Gillespie et al. (2012) ont montré chez les personnes âgées de plus de 60 ans que les exercices combinés, incluant au moins trois types d'exercice (endurance, renforcement musculaire et équilibre) permettaient de diminuer le taux de chute de 29% et le risque de chute de 15% <sup>108</sup>. Les exercices tels que le Tai-Chi sont également bénéfiques, puisque les résultats montrent une diminution du taux de chute de 28%. Les exercices d'équilibre seuls, sont également bénéfiques, avec une diminution du taux de chute de 28%. Les exercices d'endurance seuls, et de renforcement musculaire seuls, ne montrent aucun effet significatif sur le risque de chute <sup>108</sup>. La prévention du risque de chute est essentielle dans la prévention des fractures. Au-delà de la prévention des chutes, l'AP contribue également à renforcer le tissu osseux dans le but de prévenir les risques d'ostéoporose et de limiter les fractures. A l'âge adulte, l'AP régulière est indispensable au maintien du capital osseux constitué lors de l'enfance et de l'adolescence. La Densité Minérale Osseuse (DMO) est la composante majeure responsable de la résistance du tissu osseux. Dans une revue systématique, Howe et al. (2011) ont évalué l'effet des programmes d'AP sur la DMO au niveau de différents sites tels que la hanche, le col du fémur et le rachis et sur le risque de fracture <sup>109</sup>. Les exercices de maintien (équilibre, Tai-Chi) ont un effet sur la DMO au niveau de la hanche et du rachis. Les exercices de renforcement musculaire d'intensité élevée ont un effet significatif sur la DMO au niveau du col du fémur et du rachis. Enfin, seuls les exercices combinés (endurance et renforcement musculaire) réduisent significativement le nombre de fracture.

#### II.1.3.2.5.4 Les bienfaits sur le bien-être, la qualité de vie et la fatigue.

La santé est définie par l'OMS comme « un état de bien-être complet physique, mental et social et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité ». Les bienfaits de l'AP sur la santé passent aussi par des effets sur le bien-être et la qualité de vie <sup>14</sup>. Ces bienfaits ont par exemple été démontrés chez des patients atteints d'un cancer. Tomlinson et al. (2014) ont inclus dans leur méta-analyse 72 essais contrôlés randomisés afin de déterminer si l'AP, comparée aux soins classiques, diminuait la fatigue, la dépression et les troubles du sommeil chez des patients atteints d'un cancer <sup>110</sup>. Les résultats indiquent un effet significatif et favorable de l'AP sur la diminution moyenne de la fatigue (-0,45 ;  $p < 0,001$ ). L'effet est similaire quel que soit son type (endurance, marche, renforcement musculaire, yoga et exercices combinés). L'AP diminue également les symptômes dépressifs (-0,41 ;  $p < 0,001$ ), avec un effet plus marqué chez les femmes que chez les hommes. Enfin, les troubles du sommeil ont été atténués (-0,27 ;  $p < 0,001$ ). Pedersen et Saltin (2015) soulignent plus généralement que l'AP, pendant et après le traitement, améliore la qualité de vie, les capacités physiques, diminue la fatigue et réduit le risque de récurrence <sup>98</sup>.

En résumé, les bienfaits de l'AP d'intensité modérée à intense sont largement démontrés au niveau métabolique, cardio-vasculaire, respiratoire, inflammatoire, ainsi qu'au niveau du muscle du tissu adipeux et du tissu osseux (Tableau 4). De ce fait, l'AP fait partie de la prise en charge thérapeutique des maladies chroniques. De plus, pour un individu inactif, la pratique d'une AP, même d'intensité faible, est déjà bénéfique. Quelques études ont abordé la question du rôle de l'AP d'intensité faible sur la mortalité. Ainsi, selon Loprinzi et al. (2017), pour chaque heure supplémentaire d'activité d'intensité légère, le risque de mortalité diminue de 16% <sup>111</sup>. Dans tous les cas, quelle que soit l'AP, l'ensemble des effets bénéfiques apportés par celle-ci sont réversibles avec le dés-entraînement, d'où l'importance de proposer des aides pour favoriser le maintien de l'AP sur le long terme. Il est aussi recommandé de pratiquer une AP régulière, combinant des exercices d'endurance, de renforcement musculaire, d'équilibre et de souplesse, tout au long de la vie.

| Paramètres de l'état de santé       | Effets de l'activité physique   |
|-------------------------------------|---|
| Santé Générale et qualité de vie    | <ul style="list-style-type: none"> <li>↘ Mortalité</li> <li>↗ Espérance de vie</li> <li>↗ Qualité de vie physique, mentale et sociale</li> <li>↗ Qualité du sommeil</li> <li>↘ Fatigue</li> </ul>   |
| Métabolique                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>↘ HbA1c</li> <li>↗ Sensibilité à l'insuline</li> <li>↘ Triglycéridémie</li> <li>↗ HDL Cholestérol</li> <li>↘ LDL Cholestérol</li> </ul>  |
| Cardio-vasculaire                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>↗ Capacités aérobie (VO<sub>2pic</sub>)</li> <li>↘ Fréquence cardiaque au repos et à l'effort</li> <li>↘ PA systolique et diastolique</li> <li>↗ Vasodilatation</li> <li>↗ Débit sanguin</li> <li>↗ Densité des capillaires</li> </ul> |
| Musculaire                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>↗ Masse</li> <li>↗ Force</li> <li>↗ Endurance</li> <li>↗ Captation glucose</li> <li>↗ Capacité oxydative mitochondriale</li> <li>↗ Capacité de stockage du glycogène</li> </ul>  |
| Tissu adipeux                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>↘ Masse grasse viscérale</li> <li>↗ Lipolyse adipocytaire</li> </ul>   |
| Osseux                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>↗ Densité minérale osseuse</li> <li>↘ Risque de fracture</li> </ul>  |
| Inflammatoire                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>↘ Inflammation systémique</li> <li>↘ Protéine C-réactive</li> </ul>  |
| Douleurs articulaires et incapacité | <ul style="list-style-type: none"> <li>↘ Intensité des douleurs</li> <li>↘ Des incapacités fonctionnelles</li> </ul>  |

Tableau 4 : Récapitulatif des effets bénéfiques de l'activité physique sur les paramètres de l'état de santé

## II.2 Les mesures de l'activité physique

### II.2.1 Les principales caractéristiques de l'activité physique

L'AP est caractérisée selon cinq variables, qui sont le type d'activité, la fréquence, la durée, l'intensité et le type de pratique (supervisée ou non) [112](#). La fréquence d'une activité représente le nombre de séances d'au moins 10 minutes par unité de temps (le jour et la semaine étant les plus utilisées), et la durée correspond au temps passé à une activité donnée. La fréquence et la durée permettent de calculer un temps total, notamment pour évaluer l'atteinte des recommandations en AP. L'intensité d'une activité, quant à elle, représente le coût énergétique associé à cette activité. Plus une activité est intense, plus le coût énergétique est élevé. Ce dernier est exprimé en Metabolic Equivalent Task (MET) et est calculé en faisant le rapport de

la DE associée à l'activité sur la dépense énergétique de repos (DER = 1 MET) <sup>113</sup>. Le repos est caractérisé par une situation d'éveil, à jeun, en position allongée ou assise, dans des conditions de neutralité thermique. A titre d'exemple, la marche normale à une vitesse de 3,2 à 4,8 km.h<sup>-1</sup> sur terrain plat, a un coût énergétique de 3,5 METs. Ceci signifie que l'organisme dépense 3,5 fois plus d'énergie au cours de cette marche que pendant une période de repos <sup>113</sup>. Ainsi, les activités physiques sont classiquement réparties dans quatre catégories selon leur intensité : i) les comportements sédentaires (< 1,5 METs); les activités d'intensité ii) légère (1,6-2,9 METs); iii) modérée (3-5,9 METs); et iv) élevée (> 6 METs) <sup>15</sup>. La majorité des activités physiques usuelles et les valeurs de MET associées sont répertoriées et régulièrement mises à jour dans le Compendium de l'activité physique<sup>11</sup>, développé dans le but de standardiser les études épidémiologiques en matière d' AP <sup>113</sup>.

Les valeurs de MET données dans ce compendium sont des valeurs générales. Elles sont exprimées comme des valeurs multiplicatives de la valeur de repos (1 MET) représentant l'équivalent d'une dépense énergétique au repos de 1 kcal.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> ou d'une consommation d'oxygène au repos de 3,5 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> <sup>114</sup>. Ces équivalences ont été établies à partir d'un homme de 40 ans pesant 70 kg <sup>115</sup>. Certaines études soulignent l'importance de personnaliser les valeurs de MET. En effet, pour Cunha et al. (2013) la consommation d'oxygène au repos mesurée chez des Hommes sains est en moyenne de 3,21 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> <sup>115</sup>. L'utilisation de cette valeur standard chez les personnes âgées de plus de 65 ans est également critiquée. Selon Khan et al. (2004) la consommation d'oxygène au repos des personnes âgées est en moyenne de 2,8 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> <sup>116</sup>. Ainsi l'utilisation du MET standard surestime la dépense énergétique réelle des personnes âgées. Il en est de même chez les adultes en surpoids ou obèse : l'équivalence de 3,5 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> n'est pas appropriée puisque la consommation d'oxygène au repos est de 2,62 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> chez les hommes obèses and 2,47 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> chez les femmes obèses <sup>117</sup>. Plus l'IMC augmente, plus la valeur de MET au repos diminue. Il est donc recommandé d'utiliser des valeurs de MET personnalisées (MET<sub>p</sub>). Pour cela il faut appliquer un facteur de correction fondé sur la dépense énergétique de repos (DER), prenant en compte l'âge, le poids, la taille et le sexe. La formule utilisée pour calculer les MET personnalisés est la suivante <sup>113</sup> :

$$MET_p = MET_g \times \frac{3,5}{DER}$$

Où MET<sub>p</sub> : MET personnalisé, MET<sub>g</sub> : MET général, 3,5 : consommation standard d'O<sub>2</sub> au repos et DER : Dépense Énergétique au Repos

<sup>11</sup> <https://sites.google.com/site/compendiumofphysicalactivities/>

La DER correspond à la quantité minimale d'énergie nécessaire à l'organisme pour maintenir ses fonctions essentielles (contraction du cœur, respiration, oxygénation du cerveau...). Elle représente la part la plus grande de la Dépense Énergétique Totale (DET) journalière à hauteur de 60 à 75%. Cette valeur est directement liée aux caractéristiques individuelles à savoir le sexe, l'âge, la taille et le poids et plus particulièrement la masse musculaire. En effet, d'après Ravussin et al. (1986), la masse maigre, incluant la masse musculaire et les viscères, est le principal déterminant de la variabilité la DER [118](#). Cette valeur est d'autant plus grande que le poids est élevé. La perte de masse musculaire liée au vieillissement, induit une diminution de la DER avec l'âge. A âge égal et masse grasse égale, les femmes ont un poids corporel (-14,1 kg) et une masse musculaire (-15,8 kg) significativement plus faibles que les hommes. De plus, la DE durant le sommeil est plus élevée de 11% chez les hommes que chez les femmes [119](#). Ainsi la DER est plus élevée chez les hommes que chez les femmes. Enfin, la DER varie non seulement en fonction de l'âge et des caractéristiques anthropométriques, mais également en fonction de l'apport énergétique et de la DE liée à l'AP (DEAP), via leurs effets sur la masse musculaire [120](#).

La DER d'un individu peut être mesurée de façon précise grâce à la calorimétrie directe ou indirecte. Elle peut être également estimée à partir d'équations de prédiction (Tableau 5). L'une des plus anciennes et des plus utilisées est l'équation décrite par Harris et Benedict en 1919 [121](#). Ces auteurs ont élaboré deux équations différentes selon le sexe. Chaque équation tient compte de l'âge (en année), du poids (en kg) et de la taille (en cm). Elles ont été élaborées à partir de données provenant de 136 hommes et 103 femmes donc les poids corporels variaient de 25 kg à 124,9 kg, les tailles de 151 cm à 200 cm, et les âges étaient compris entre 21 et 70 ans. Pour Schofield en 1985, le sexe, le poids et l'âge sont effectivement des données prépondérantes dans l'estimation de la DER. En revanche, pour lui, la taille n'a que très peu d'influence [122](#). A partir d'une base de données incluant 7 173 individus âgés de moins de 3 ans à plus de 60 ans, il élabore des équations spécifiques selon l'âge et le sexe et dont l'unique variable est le poids (kg). Néanmoins ces équations sont critiquées pour leur manque de précision chez les individus en surpoids et obèses. En effet l'importance notable de la composition corporelle dans la DER implique que l'utilisation seule du poids est insuffisante. C'est pourquoi Mifflin et al. (1990) ont axé leurs travaux sur la définition d'une équation avec pour seule variable la masse maigre [123](#). Néanmoins, la mesure de la masse maigre étant difficilement réalisable en routine, ces auteurs ont défini à partir d'une cohorte de 498 individus (264 normo-pondérés et 234 obèses) deux équations incluant le poids (kg), la taille (cm) et l'âge (année). Plus tard, Black et al.

(1996) ont réalisé une méta-analyse à partir données de DER mesurées par la technique de l'eau doublement marquée chez 574 individus âgés de 2 à 95 ans. Enfin, Livingston et Kohlstadt (2005) ont élaboré deux équations de prédiction à partir de deux bases de données (Harris et Benedict, et Owen), qu'ils ont ensuite testé sur un groupe de 327 patients incluant de nombreux obèses <sup>124</sup>. Dans un étude récente, Frankenfield (2013) a évalué la précision des équations de prédiction de la DER de Harris et Benedict, Mifflin et Livingston par comparaison à la calorimétrie indirecte <sup>125</sup>. Cette étude a inclus 337 sujets avec un IMC variant de 18 à 50 kg.m<sup>-2</sup>. Les résultats montrent que l'équation la plus précise pour les normo-pondéraux comme pour les obèses est celle de Mifflin. Les résultats issus de l'équation de Livingston sont similaires, néanmoins ils sous-estiment légèrement la dépense énergétique de l'ordre de 25 à 65 kcal/24h.

|                                |             | Hommes  | Femmes  |
|--------------------------------|-------------|---|---|
| Harris and Benedict (kcal/24h) |             | $66,473 + 13,7516 \times P + 5,0033 \times T - 6,755 \times A$          | $655,0955 + 9,5634 \times P + 1,8496 \times T - 4,6756 \times A$        |
| Schofield (kcal/24h)           | 18 – 30 ans | $(0,063 \times P + 2,896) \times 238,85$                                | $(0,063 \times P + 2,036) \times 238,85$                                |
|                                | 30 - 60 ans | $(0,048 \times P + 3,653) \times 238,85$                                | $(0,034 \times P + 3,538) \times 238,85$                                |
|                                | > 60 ans    | $(0,049 \times P + 2,459) \times 238,85$                                | $(0,038 \times P + 2,755) \times 238,85$                                |
| Mifflin St Jeor (kcal/24h)     |             | $10 \times P + 6,25 \times T - 5 \times A + 5$                          | $10 \times P + 6,25 \times T - 5 \times A - 161$                        |
| Black (kcal/24h)               |             | $(1,083 \times P^{0,48} \times T^{0,5} \times A^{-0,13}) \times 238,85$ | $(0,963 \times P^{0,48} \times T^{0,5} \times A^{-0,13}) \times 238,85$ |
| Livingston (kcal/24h)          |             | $293 \times P^{0,433} - 5,92 \times A$                                  | $248 \times P^{0,4356} - 5,09 \times A$                                 |

Tableau 5 : Principales équations de prédiction utilisées pour estimer la Dépense Énergétique de Repos  
*P : poids (kg), T : taille (en cm, sauf Black en m), A : âge (année)*

La deuxième composante de la DET est la DE liée à la prise alimentaire. La digestion, le transport et le stockage des nutriments ingérés ont un coût énergétique appelé thermogénèse alimentaire (DEth). Cette dépense est fonction de la nature et de la quantité des aliments consommés. Elle représente en moyenne 10% de la dépense énergétique totale lorsque l'alimentation comprend 10-15% d'énergie provenant des protéines, 30-35% des lipides et 40-50% des glucides, et qu'elle est en adéquation avec les besoins de l'individu. Cette valeur est amenée à augmenter en cas de suralimentation mais sans compenser l'excès d'apport énergétique <sup>120</sup>. La troisième composante de la DET est la DE liée aux mouvement et à l'AP (DEAP). Elle peut varier de 15 à 30 % suivant les individus. Cette composante est augmentée lors du réentraînement. Néanmoins, dans certaines conditions, l'augmentation de la DEAP est

compensée par une diminution de la DE non liée à l'exercice physique, comme celle liée aux AP de la vie quotidienne (AP de faible intensité telle la marche lente, rester debout...) voire par une augmentation des activités de repos passées assis <sup>120</sup>.

Ainsi, les caractéristiques de l'AP telles que la fréquence, la durée, l'intensité et la DE, vont permettre d'estimer le niveau d'AP quotidien, hebdomadaire ou mensuel réalisé. Dans le cadre des études épidémiologiques, les niveaux d'inactivité et de sédentarité des populations sont évalués pour établir des liens entre ces comportements et la survenue de certaines maladies. L'estimation de l'AP est nécessaire à l'échelle individuelle pour déterminer si le sujet atteint ou non les recommandations (150 min/sem) <sup>14,15</sup>, dans un cadre thérapeutique ou dans les études d'intervention.

## II.2.2 Les outils de mesure

Il existe de nombreuses méthodes d'estimation de l'AP qui varient selon leur coût, leur facilité d'utilisation, leur précision et selon les informations qu'elles fournissent. On distingue deux conditions de mesure de l'AP : les conditions contrôlées et les conditions habituelles de vie. Les conditions contrôlées correspondent aux mesures réalisées en laboratoire ou en clinique. C'est le cas par exemple des tests d'effort au cours duquel un individu réalise un exercice physique dont l'intensité augmente progressivement. Ce test est généralement réalisé sur un tapis de marche ou sur un ergocycle. Au cours de ce test, le rythme cardiaque est suivi en continu sur un électrocardiogramme. Dans certains cas, une mesure des volumes et des débits respiratoires est également effectuée simultanément, ainsi que l'analyse des gaz expirés (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>). Ce test est réalisé sous la surveillance d'un professionnel de santé qualifié. Les conditions habituelles de vie correspondent aux estimations de l'AP réalisées spontanément dans la vie quotidienne. Quelles que soient les conditions, l'AP peut être évaluée par la mesure de différents paramètres tels que la DE, le nombre de pas, la distance parcourue ou le temps passé à réaliser différentes activités.

### II.2.2.1 Les mesures de référence

Les mesures de référence de l'AP sont fondées sur les lois de la thermodynamique à savoir « Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme ».

La calorimétrie directe constitue la méthode de référence par excellence dans le domaine de l'évaluation de la DE. Cette mesure, fondée sur la production de chaleur, est réalisée dans une chambre calorimétrique avec un flux d'air constant. Cette chambre est entourée d'un circuit d'eau, ainsi la différence de température de l'eau en entrée et en sortie est relative à la

production de chaleur de l'individu dans la chambre et donc mesure sa dépense énergétique. Néanmoins l'utilisation de cette technique est très restreinte. En effet, très peu de chambres calorimétriques sont disponibles ; c'est de plus un dispositif très coûteux. Enfin, cette technique est utilisable uniquement pour les mesures en conditions contrôlées. En effet, il est très difficile de reproduire les conditions de vie habituelles dans une chambre de 10m<sup>2</sup>.

Face à ces limitations, d'autres techniques de mesure, toutes aussi précises, sont utilisées. Parmi elles, la calorimétrie indirecte est une technique fondée sur la mesure des échanges gazeux. Toutes les contractions musculaires impliquent l'oxydation de substrats (glucides, lipides), ainsi que la consommation d'oxygène (VO<sub>2</sub>) et la production de dioxyde de carbone (VCO<sub>2</sub>). Cette mesure est réalisée par exemple dans une chambre calorimétrique en circuit ouvert. Le flux d'air est constant. L'oxygène et le dioxyde de carbone sont mesurés en entrée et en sortie de la chambre. La variation de ces deux gaz est directement liée aux besoins (DER, DEth et DEAP) de l'individu. Ainsi les mesures de la VO<sub>2</sub> et de la VCO<sub>2</sub> permettent, à l'aide de l'équation de Weir (1949) <sup>126</sup>, de calculer la DET:

$$DET = 3,9 \times VO_2 + 1,1 \times VCO_2$$

Où DET : Dépense Énergétique Totale (kcal.min<sup>-1</sup>), VO<sub>2</sub> : consommation d'oxygène (l.min<sup>-1</sup>), VCO<sub>2</sub> : production de dioxyde de carbone (l.min<sup>-1</sup>)

Les chambres calorimétriques ne permettent pas de mesurer les activités spontanées de la vie quotidienne. Pour faire face à ces limitations, certains appareils portables de calorimétrie indirecte ont été créés. Ils nécessitent le port d'un masque qui récupère les gaz expirés et analysés à l'aide d'une unité centrale. Ces appareils ont la capacité soit de mesurer de façon simultanée la VO<sub>2</sub> et la VCO<sub>2</sub>, soit la VO<sub>2</sub> uniquement. Dans le second cas, la DET n'est alors plus calculée mais estimée. Cette estimation fait intervenir la notion du Quotient Respiratoire (QR). Le QR est le ratio entre la VCO<sub>2</sub> et la VO<sub>2</sub>. Ce quotient reflète l'utilisation des glucides et des lipides dans la production de l'énergie. Le QR standard utilisé en calorimétrie indirecte est 0,85 pour un adulte de poids normal <sup>127</sup>. Celle-ci est légèrement plus élevée (0,87) pour des individus en surpoids et obèse <sup>128</sup>. Prenons par exemple un outil de mesure tel que le Fitmate Pro (Cosmed®) utilisant un masque doté d'un capteur mesurant la VO<sub>2</sub>. La DET sera alors estimée à partir de la formule de Weir et d'un QR estimé à 0,85. Ainsi :

$$QR = \frac{VCO_2}{VO_2} = 0,85 \text{ soit } VCO_2 = 0,85 \times VO_2$$

$$\text{Et donc : } DET \text{ (kcal.min)} = 4.835 \times VO_2 \text{ (l.min)}$$

Où *QR* : *Quotient Respiratoire*,  $VO_2$  : *consommation d'oxygène (l.min<sup>-1</sup>)*,  $VCO_2$  : *production de dioxyde de carbone (l.min<sup>-1</sup>)*, *DET* : *Dépense Energétique Totale (kcal.min<sup>-1</sup>)*.

Néanmoins, malgré l'élaboration d'outils portables, l'utilisation de la calorimétrie indirecte reste limitée aux conditions contrôlées car le port du masque et de l'unité centrale entravent le déroulement de la vie ordinaire.

La troisième technique de référence est l'Eau Doublement Marquée (EDM). Cette technique biochimique non invasive mesure la production de  $CO_2$  à partir de la vitesse d'élimination de deux isotopes stables non radioactifs, le deutérium ( $^2H$ ) et l'oxygène 18 ( $^{18}O$ ) <sup>129</sup>. Cette mesure nécessite d'ingérer de l'eau doublement marquée par le deutérium et l'oxygène 18. Ces deux isotopes stables et sans danger se mélangent à l'eau corporelle. Les travaux de Lifson et al. (1949) ont permis de démontrer que l'administration d'eau enrichie en oxygène 18 aboutit à un marquage isotopique du  $CO_2$ . Ritz et Coward (1996) précisent que le débit d'élimination de ces deux isotopes est fonction du volume d'eau corporelle (N) et du taux de renouvellement (k) de ces deux isotopes <sup>130</sup>. L'oxygène 18 est éliminé sous forme d'eau ( $H_2O$ ) dans les urines et sous forme de  $CO_2$  dans l'air expiré. Le deutérium est, quant à lui, éliminé uniquement sous forme d'eau ( $H_2O$ ) dans les urines. Ainsi, nous obtenons les deux équations suivantes :

$$\text{Marquage avec } ^2H_2O : ^1H_2O = k(^2H) \times N$$

$$\text{Marquage avec } H_2^{18}O : ^1H_2O + ^{2r}CO_2 = k(O_{18}) \times N$$

La différence de ces deux cinétiques donne alors la production de  $CO_2$  via l'équation :

$$^{2r}CO_2 = (N \div 2) \times (k(O_{18}) - k(^2H))$$

Le volume N est ici divisé par deux puisque le marquage peut s'effectuer sur l'un ou l'autre des atomes d'oxygène du  $CO_2$ . Ainsi, la DE est calculée à partir des règles classiques de la calorimétrie indirecte impliquant le quotient respiratoire et l'équation de Weir. L'EDM est bien adaptée aux mesures de la DE globale en conditions habituelles de vie.

Ces techniques de référence ont fait leur preuve en terme de précision pour la mesure de la dépense énergétique. Néanmoins leur utilisation reste limitée en recherche comme en routine puisqu'elles impliquent l'utilisation de matériel médical et d'analyses biochimiques coûteux.

C'est pour ces raisons que des capteurs portables, moins onéreux et adaptés aux mesures en conditions contrôlées et habituelles de vie, ont vu le jour.

### *II.2.2.2 Les méthodes d'estimation objective de l'activité physique fondée sur l'accélérométrie*

#### *II.2.2.2.1 Les principaux capteurs de recherche*

Les capteurs de recherche ont connu un essor avec l'utilisation des accéléromètres qui sont à la fois sensibles et peu onéreux. L'accéléromètre est un outil de mesure permettant d'enregistrer une variation de vitesse, appelée accélération, selon un axe donné. On distingue plusieurs types d'accéléromètres. Tout d'abord, les accéléromètres uni-axiaux enregistrent des accélérations selon un seul axe, à savoir l'axe longitudinal du déplacement. Les accéléromètres bi-axiaux enregistrent des accélérations selon les axes longitudinal et transversal. Enfin les accéléromètres triaxiaux enregistrent des accélérations selon les trois axes : longitudinal, transversal et vertical. Ces accélérations mesurées en  $m.s^{-2}$  sont transformées par les fabricants des capteurs en coups d'activité par minute à l'aide d'algorithmes, le plus souvent tenus secrets. Ainsi, les accéléromètres sont capables de quantifier l'intensité, la fréquence et la durée de l'AP et ainsi évaluer le niveau moyen d'AP et le profil sur la journée.

Les deux accéléromètres les plus utilisés en recherche sont ActiGraph® GT1M et ActiGraph® GT3X. ActiGraph® GT1M est un accéléromètre uni-axial, dont l'intervalle de mesure est de 1 minute. Son utilisation pour la quantification de la marche a, par exemple, été validée en 2013 par Hansen et al. [131](#). Porté au niveau de la hanche, chez des adultes sains, ses performances ont été évaluées par rapport à la calorimétrie indirecte lors de tests sur tapis de marche à différentes vitesses (de 3 à 7  $km.h^{-1}$ ) et pour différentes inclinaisons (0%, 5%, 8% et -5%), et sur ergocycle à différentes cadences (60 et 80 rotations par minutes) et différentes puissances de travail (40, 60 et 80 Watt). Les résultats montrent des corrélations significatives pour la marche sur terrain plat et avec une inclinaison à 5% ( $R^2 = 0,82$  ;  $p \leq 0,001$ ) et 8% ( $R^2 = 0,67$  ;  $p \leq 0,001$ ) entre les données de ActiGraph® et la dépense énergétique mesurée par calorimétrie indirecte. Néanmoins, lors de la marche en descente (-5% d'inclinaison), Actigraph® surestime la dépense énergétique d'environ 2 METs. Les mesures sur ergocycle ne révèlent aucune association entre la cadence de pédalage et les accélérations mesurées par ActiGraph®. ActiGraph® GT1M a également été testé chez des adultes obèses et diabétiques de type 2 au cours de comportements sédentaires et d'activités de différentes intensités (légère, modérée et élevée) [132](#). Néanmoins, il convient d'être prudent quant à l'utilisation de cet accéléromètre pour quantifier le temps passé dans les différentes catégories d'activités. En effet, les seuils définissant chacune d'entre elles varient selon la population et selon les auteurs. De plus les accéléromètres uni-axiaux sont

moins bien adaptés quand il s'agit d'exercices statiques (vélo d'appartement), de port de charge, ou de marche en pente. ActiGraph® GT3X est un accéléromètre triaxial, qui peut néanmoins être utilisé en mode uni-axial. Chomistek et al. (2017) ont comparé les résultats fournis par cet accéléromètre dans son mode uni-axial ou triaxial à ceux de l'eau doublement marquée <sup>133</sup>. Les temps passés en activité légère, modérée et élevée sont plus élevés dans le mode triaxial comparé aux temps donnés par le mode uni-axial. A l'inverse, le temps de sédentarité est plus faible pour le mode triaxial qu'uni-axial. Les coefficients de corrélation sont faibles entre la DE évaluée par Actigraph® et celle par l'eau doublement marquée : 0,44 chez les femmes et 0,41 chez les hommes en mode triaxial et 0,38 et 0,35 chez les femmes et les hommes respectivement en mode uni-axial.

L'accéléromètre uni-axial est bien adaptée à l'évaluation de la sédentarité. En effet, la sédentarité correspond à une absence de mouvement des membres inférieurs et donc d'accélération. En revanche, il n'est pas pertinent pour évaluer l'AP impliquant des mouvements selon les trois axes. A contrario, l'accéléromètre triaxial est quant à lui bien adapté pour la mesure de l'AP puisqu'il mesure l'ensemble des accélérations. Néanmoins, celui-ci peut-être moins précis sur certaines activités statiques telle que le vélo statique et le vélo elliptique. Ainsi la seule mesure des mouvements, quel que soit l'axe, n'est parfois pas suffisante pour mesurer l'ensemble des AP.

Afin de palier à ces biais, des capteurs de recherche incluant d'autres paramètres que l'accélérométrie ont alors été élaborés. C'est le cas par exemple d'Actiheart® et du SenseWear Armband® (SWA).

Actiheart® intègre à la fois un accéléromètre uni-axial et un cardio-fréquencemètre. Cet outil, placé au niveau du tronc, est capable de stocker les données d'accélération longitudinale et de fréquence cardiaque pendant 11 à 21 jours. La validité et la reproductibilité d'Actiheart® pour la mesure des mouvements et de la fréquence cardiaque ont été étudiées en conditions contrôlées par Brage et al. (2005) <sup>134</sup>. Les auteurs ont réalisé des mesures au repos, pendant une activité de marche à 3,2, 4,5 et 5,8 km.h<sup>-1</sup> et de course à 8,5, 10,3 et 12,1 km.h<sup>-1</sup> chez des hommes et des femmes normo-pondérés et en surpoids. Chaque activité a été réalisée pendant quatre minutes. Dans une première partie, les auteurs ont comparé les données de fréquence cardiaque fournies par Actiheart® à celles mesurées avec un électrocardiographe. Pour cela, cinq hommes et quatre femmes ont effectué le protocole de mesure. Les résultats n'ont montré aucune différence significative entre les méthodes de mesure de la fréquence cardiaque. Dans

une deuxième partie, dix hommes et neuf femmes ont effectué le même test en portant Actiheart® et un outil portable de calorimétrie indirecte mesurant la VO<sub>2</sub> et la VCO<sub>2</sub> (K4b<sup>2</sup>, Cosmed®). Les modèles de prédiction de l'intensité de l'AP fournis par Actiheart® sont efficaces puisque les coefficients de corrélation fluctuent entre 0,84 à 0,96. Ainsi Actiheart® est un outil fiable et valide pour la mesure du mouvement et de la fréquence cardiaque en condition contrôlée selon ces auteurs. Barreira et al. (2009) ont, quant à eux, validé cet outil pour l'évaluation de la DE liée à l'AP (DEAP) en conditions contrôlées et habituelles de vie [135](#). Les 34 adultes recrutés pour cette étude, ont réalisé des mesures d'AP sur tapis de marche et des mesures au cours d'une journée habituelle, au cours de laquelle ils devaient effectuer au moins 30 minutes d'AP. Les données issues d'Actiheart® ont été comparées à la calorimétrie indirecte en conditions contrôlées. Les coefficients de corrélation, entre les DEAP estimées par Actiheart® et celles mesurées par la calorimétrie, sont modérés ou élevés, variant de 0,72 à 0,80. Une différence significative entre les deux mesures est observée uniquement à 9,6 km.h<sup>-1</sup> où Actiheart® sous-estime la DE (p < 0,05).

Le capteur SenseWear Armband® (SWA) placé au niveau du triceps, inclut un accéléromètre bi-axial, un capteur d'impédancemétrie, de température corporelle et de flux de chaleur. Plusieurs versions ont été élaborées en améliorant progressivement la précision des estimations de la DET. Son utilisation pour la mesure de la DE a notamment été validée par rapport à la calorimétrie indirecte en conditions contrôlées par Fruin et Rankin (2004) [136](#). Dans une première étude, 13 hommes âgés de 18 à 25 ont été recrutés afin d'effectuer des mesures au repos (4 mesures de 10 minutes) et sur ergocycle (40 minutes à 60 tours par minutes et 60% de leur capacité aérobie maximale). Dans une deuxième étude, 20 adultes âgés de 18 à 35 ans ont effectué trois mesures de 10 minutes sur tapis de marche avec des vitesses et/ou pentes croissantes : 80,5 m.min<sup>-1</sup> à 0% d'inclinaison ; 107,3 m.min<sup>-1</sup> à 0% et 107,3 m.min<sup>-1</sup> à 5%. Une corrélation positive et significative existe entre la DER estimée par le SWA version 1.0 et celle mesurée par calorimétrie indirecte (r = 0,76, p < 0,004). De plus, le degré d'agrément entre les deux mesures est bon. Les résultats des tests sur ergocycle ne montrent pas de différence significative entre la DEAP estimée par le SWA et celle mesurée par calorimétrie indirecte. Néanmoins, une différence significative est observée au cours de la phase de récupération avec une DET estimée par SWA plus élevée que celle mesurée par calorimétrie indirecte. Les tests sur tapis de marche révèlent une différence significative entre la DET estimée par le SWA et celles mesurées par calorimétrie. Le capteur SWA surestime significativement la DET de 38% pour une vitesse de marche de 80,5 m.min<sup>-1</sup> et de 14% pour une vitesse de 107,3 m.min<sup>-1</sup> sur

terrain plat. Quand la pente est de 5%, la DET est sous-estimée. Pour les activités physiques de faible intensité, les coefficients de corrélation sont élevés et significatifs mais ils diminuent avec l'augmentation de l'intensité. Ainsi SWA est un outil valide et fiable pour la mesure de la DER et la dépense énergétique lors d'activités de faible intensité. La précision de la mesure de la DET semble être liée au type et à l'intensité de celle-ci.

La validité d'Actiheart® et du SWA pour évaluer la DET en conditions contrôlées et habituelles de vie, a été étudié par Rousset et al. (2015) <sup>137</sup>. Dans un premier temps, 49 adultes normo-pondérés ont été recrutés. Dans une chambre calorimétrique, ils ont effectué un programme d'activités quotidiennes incluant de la sédentarité, de la marche à différentes allures sur tapis roulant, un exercice aérobic (step) et des tâches ménagères. La DET a précisément été mesurée par calorimétrie indirecte. Ils ont également porté un Actiheart® et un SWA version 6.0. Les temps passés en activité légères, modérées et élevées estimés par Actiheart® et le SWA ont été comparés à ceux déduits de la calorimétrie indirecte. Les résultats ne montrent aucune différence entre les temps estimés par SWA et la référence. En revanche, des différences significatives ont été observées pour les estimations du temps passés en activités légères (+3,6% ;  $p < 0,0001$ ) et modérées (-3,6% ;  $p < 0,0001$ ). Au regard de l'estimation de la DET, l'erreur relative associée au Actiheart® est de -1,8%, et celle associée au SWA est significativement différente de zéro (-4,9%). En valeur absolue, les erreurs sont toutes les deux différentes de zéro. En revanche, des différences significatives pour Actiheart® ont été observées. Il surestime le temps passé en activités légères (+3,6% ;  $p < 0,0001$ ) et sous-estime la durée des activités modérées (-3,6% ;  $p < 0,0001$ ). Au regard de l'estimation de la DET, l'erreur relative d'Actiheart® est non significative (-1,8%) alors que celle de SWA l'est (-4,9%). En valeur absolue, les erreurs sont toutes les deux différentes de zéro. L'erreur absolue d'Actiheart® (8,6%) est plus grande que celle observée pour SWA (6,7%). Les degrés d'agrément entre les capteurs et la calorimétrie indirecte sont acceptables, seules deux valeurs se trouvent au-delà de ces limites. Dans un second temps, 41 adultes normo-pondérés ont été recrutés pour des mesures en condition habituelles de vie pendant 10 jours. La DET a été mesurée par la technique de l'eau doublement marquée. Les résultats d'estimation de la DET montrent que les erreurs relatives comparées à la référence, ne sont pas différentes de zéro, que ce soit pour Actiheart® ou SWA. Inversement, les erreurs absolues sont significativement différentes de zéro, et plus grande pour Actiheart® (12,8%) que pour SWA (8,6%). De plus, les limites du degré d'agrément sont plus étroites entre l'eau doublement marquée et SWA. Ainsi,

pour l'évaluation de l'AP de la vie quotidienne d'adultes normo-pondérés, SWA est un outil plus précis que Actiheart®.

La validation de ces deux capteurs a été étudiée par Paris et al. (2016), dans une population en surcharge pondérale <sup>138</sup> (*Annexe 1* – article 1). Ces auteurs ont évalué d'une part l'estimation de la DET et d'autre part l'estimation du temps passés dans quatre catégories d'AP selon l'intensité. Cette étude, en conditions contrôlées, a consisté à réaliser un parcours d'activité incluant des comportements sédentaires (assis, debout), d'intensité légère (marche lente), modérée (marche à allure normale) et élevée (montée d'escalier et course). La durée de chaque activité était de 2 à 20 minutes précisément chronométrée par un chercheur (scénario). Treize adultes ont réalisé ce parcours en portant Actiheart® et SWA (version 6.1). Ils ont également porté un masque relié à l'unité portable de calorimétrie indirecte mesurant uniquement la VO<sub>2</sub> (FitmatePro®). Cette mesure a constitué la référence de la DET. Les résultats montrent des erreurs absolues significativement différentes de zéro entre les DET estimées par les capteurs et celle mesurée par la référence. L'erreur en valeur absolue était plus faible pour le SWA (9,3 ± 6,9%) comparé au Actiheart® (16,3 ± 6,6%). De plus, le degré d'agrément entre le capteur et la méthode de référence est plus grand pour SWA que pour Actiheart®. Concernant le temps passé dans les quatre catégories d'activité, les résultats ne montrent aucune différence significative entre les estimations issues du SWA et les mesures de référence fournies par le scénario. En revanche, ils montrent qu'Actiheart® sous-estime le temps de sédentarité (-8,7% ; p = 0,006) et le temps d'activité d'intensité modérée (-9,7% ; p = 0,008). Au contraire, Actiheart® surestime la durée des activités d'intensité légère (18% ; p < 0,0001). Ainsi, SWA est plus adapté que Actiheart® pour l'évaluation de l'AP, tant en terme de DET que du temps passé dans les différentes catégories d'activité, chez des adultes en surpoids ou obèses.

#### II.2.2.2.2 La reconnaissance des activités physiques à partir des données d'accélérométrie collectées par des objets connectés ordinaires

Les avancées technologiques, notamment dans le domaine de la téléphonie ont poussé les fabricants à commercialiser des téléphones de plus en plus sophistiqués. Parmi les évolutions notables, l'intégration d'un accéléromètre triaxial permet, par exemple, de contrôler l'orientation de l'affichage de l'écran en mode portrait ou en paysage. Ces accéléromètres dotés des mêmes caractéristiques que les accéléromètres utilisés en recherche peuvent donc détecter les mouvements et enregistrer des accélérations. Les performances des algorithmes pour estimer la DET à partir des données d'accélérométrie ont été évaluées en comparant leurs résultats à des mesures de référence.

Guidoux et al. (2014, 2017) <sup>139, 140</sup> et Rousset et al. (2017) <sup>141</sup> ont travaillé sur la reconnaissance des quatre catégories d'activité (comportement sédentaire, AP d'intensité légère, modérée et élevée) à partir de données collectées par des smartphones Android. Des seuils ont alors été définis pour quantifier le temps passé dans chacune des catégories en conditions contrôlée et habituelles de vie par rapport à des références. Dans un premier temps, Guidoux et al. (2014) ont étudié la validité d'une fonction de reconnaissance des activités et d'estimation de la DET chez des adultes normo-pondérés. En conditions contrôlées, douze adultes ont été recrutés pour effectuer un parcours supervisé d'activités incluant des comportements sédentaires, des activités d'intensité légère, modérée et élevée. Le temps de chacune de ces activités a été précisément chronométré par un membre de l'équipe de recherche. Au cours de ce parcours, les participants ont porté un SWA, un Actiheart<sup>®</sup> et un smartphone (Galaxy Nexus ou Nexus 4) placé dans la poche avant du pantalon. Le SWA est considéré comme la référence étant donné sa grande précision <sup>137</sup>. En conditions habituelles de vie, 30 adultes ont été recrutés. Ils ont porté les mêmes capteurs pendant une journée entière. L'enregistrement de la durée des activités était, cette-fois ci, relevé par le volontaire lui-même.

Les résultats de reconnaissance des activités en conditions contrôlées montrent 73,3% des activités effectuées sont correctement identifiées par la fonction de Guidoux et al. Les comportements les mieux reconnus sont la marche et être assis, avec des écarts respectifs de -0,7% et de 1%. La marche rapide et se tenir debout sont moins bien reconnues par la fonction avec des écarts respectifs de 53,3% et -43,8%. En condition habituelles de vie, les relevés des activités par les volontaires ne sont pas assez précis et détaillés pour pouvoir servir de base de comparaison. Les résultats d'estimation de la DET, en conditions contrôlées, montrent une différence plus petite entre la fonction et SWA, qu'entre la fonction et Actiheart<sup>®</sup>. La DET est légèrement sous-estimée par la fonction comparée au SWA (7,0 %), à l'inverse elle est surestimée par rapport au Actiheart<sup>®</sup> (16,4%). En conditions habituelles de vie, les résultats vont dans le même sens, néanmoins les erreurs absolues sont beaucoup plus grandes : 17% et 23,7% par rapport au SWA et au Actiheart<sup>®</sup>, respectivement. La fonction ainsi décrite est adaptée à l'évaluation de l'AP en condition contrôlée. Ces chercheurs ont poursuivi leurs travaux sur la précision de leur fonction afin d'optimiser l'évaluation en conditions habituelles de vie. Ils ont défini en 2017 une nouvelle fonction (Pred<sup>EE</sup>) d'estimation de la DET à partir de la reconnaissance de quatre catégories d'activité <sup>140</sup>. Guidoux et al. (2017), ont défini trois seuils afin de différencier les comportements sédentaires (<2 METs), d'intensité légère (2 à 3,5 METs), modérée (3,5 à 6 METs) et élevée (>6 METs). De plus, comme recommandés par

Ainsworth et al. (2011) <sup>113</sup>, les METs utilisés dans cette fonction ont été personnalisés (cf II.2.1 page 63). A partir des mêmes données collectées en 2013-2014, la nouvelle fonction Pred<sup>EE</sup> estime avec précision le temps passé dans chaque catégorie avec des erreurs absolues allant de 0,6 et 6,6% comparé aux temps fournis par SWA. Les erreurs absolues produites par Actiheart<sup>®</sup> sont plus grandes variant de 0,6 à 14,2%. Les résultats d'estimation de la DET montrent une erreur absolue de 5,7% entre la DET estimée par Pred<sup>EE</sup> et par SWA. La fonction Pred<sup>EE</sup> ainsi élaborée est une fonction valide pour l'évaluation de l'AP chez des adultes normo-pondérés en conditions habituelles de vie à partir des données d'accélérométrie d'un smartphone. Ces auteurs ont adapté leur fonction aux adultes en surpoids et obèses <sup>141</sup> (*Annexe 1 - Article 4*). Le protocole utilisé pour la validation de la nouvelle fonction (Pred<sup>EEOB</sup>) est identique au protocole décrit en 2014. Néanmoins, les volontaires recrutés étaient soit en surpoids soit obèses. Ainsi, le parcours d'activité réalisé pour l'étude en conditions contrôlées a été adapté aux capacités de la nouvelle population. Treize volontaires ont effectué ce parcours muni d'un smartphone dans la poche et d'un SWA sur le bras. Ils ont également été équipés d'un masque relié à l'unité portable de calorimétrie indirecte (FitmatePro<sup>®</sup>). En conditions habituelles de vie, 30 volontaires ont porté le smartphone et SWA durant une journée entière, l'utilisation de la calorimétrie indirecte étant plus délicate dans la vie quotidienne. En conditions contrôlées, l'estimation par Pred<sup>EEOB</sup> du temps passé dans les quatre catégories d'activité est entachée d'erreurs relatives variant de -3,6 à 4,1% comparé au FitmatePro<sup>®</sup>, et de -5,0 à 3,8% comparé au SWA. En valeur absolue, toutes les erreurs sont restées inférieures à 7%, ce qui reflète des estimations de bonne qualité. En ce qui concerne l'estimation de la DET, les erreurs relatives respectives entre Pred<sup>EEOB</sup> et les deux capteurs ne sont significativement pas différentes de zéro. En conditions habituelles de vie, la fonction Pred<sup>EEOB</sup> surestime légèrement le temps passé dans les activités d'intensité légère comparé au SWA. Par contre, aucune différence n'est observée pour les temps passés dans les autres catégories d'activité. Les erreurs absolues du temps passé dans les quatre catégories d'activité n'excèdent pas 5,5%. Concernant l'estimation de la DET par Pred<sup>EEOB</sup>, en conditions habituelles de vie, l'erreur relative n'est pas différente de zéro, et l'erreur absolue est de 8,5% comparé au SWA. La fonction Pred<sup>EEOB</sup> est jugée adaptée et valide pour l'évaluation de l'AP chez des adultes en surpoids et obèse, à la fois en conditions contrôlées et habituelles de vie. Ces différentes fonctions ont été implémentées sur un serveur de l'INRA (ActivCollector ; <https://activcollector.clermont.inra.fr/>) qui communique avec l'application de collecte de données, eMouveRecherche. Ainsi, cette application est la première application mobile scientifiquement validée pour promouvoir l'AP d'intensité légère dans le cadre de la prévention des maladies chroniques <sup>142</sup> (*Annexe 1 – Article 3*).

#### II.2.2.2.3 Les outils d'estimation de l'AP utilisés par le grand public

Face à l'importance de l'AP et à l'essor du « Quantified-self », c'est-à-dire de l'auto-mesure, de nombreux outils grand public ont été commercialisés afin de leur permettre de suivre leur AP au quotidien et ainsi prendre conscience des comportements réels. Parmi eux, le podomètre est certainement le plus connu et le plus largement utilisé. En effet le nombre de pas effectué dans une journée est un paramètre facilement compréhensible. Les recommandations pour être en bonne santé sont de faire plus de 7 000 pas par jour <sup>41</sup>.

Les podomètres contiennent un accéléromètre et sont portés au niveau de la ceinture ou du poignet. Initialement prévus pour mesurer le nombre de pas, certains sont dotés d'algorithmes permettant d'évaluer la distance parcourue et la dépense énergétique. Plus récemment encore, les podomètres ont été dotés de système bluetooth permettant de transférer les données vers une application smartphone. Cette nouvelle technologie présente l'avantage de pouvoir stocker les données et de visualiser l'évolution quotidienne de l'AP. Pour certaines applications, un retour d'information personnalisée complet quant au nombre de pas effectués est envoyé aux utilisateurs.

Kooiman et al. (2015) ont récemment étudié la validité de 10 outils commercialisés en conditions contrôlées (30 minutes de marche sur tapis roulant) et habituelles de vie <sup>143</sup>. En conditions contrôlées, sept capteurs sont fiables pour la mesure du nombre de pas, dont cinq montrent une fiabilité élevée. En conditions habituelles de vie, huit capteurs sont considérés comme fiables. Il convient néanmoins d'être prudent quant à l'interprétation de la précision de ces podomètres grand public. Au cours du test en laboratoire, les auteurs n'ont pas testé une large gamme d'AP. De plus, lors des mesures faites pendant la vie quotidienne, deux activités ont été évitées, pour ne pas biaiser la précision des mesures. Cette consigne rend les conditions du test éloignées de la vie réelle.

#### II.2.2.3 Les mesures subjectives de l'activité physique

Il existe de nombreuses méthodes de mesures objectives de l'AP. Néanmoins, certaines présentent des inconvénients (coût, complexité) qui ne permettent pas de les utiliser dans des études épidémiologiques, ou en encore pour des examens de routine quand les participants sont très nombreux. De plus, la plupart des mesures objectives fournissent des résultats chiffrés de l'AP (durée, DET, nombre de pas ...). Elles ne renseignent pas sur le contexte de l'AP ou encore les ressentis. A l'inverse, des méthodes subjectives plus anciennes et moins onéreuses permettent d'évaluer simultanément les comportements sédentaires et l'intensité de l'AP dans

plusieurs domaines (travail, loisir, transport, tâches ménagères), ou encore sur les difficultés rencontrées lors de l'AP.

#### II.2.2.3.1 Les questionnaires d'activité physique

Le questionnaire d'AP a fortement contribué à la compréhension des liens entre l'AP et la santé, et notamment à l'élaboration des recommandations. Cet outil utilise l'auto-estimation par l'individu des activités réalisées. Il est peu onéreux et généralement bien accepté et compris de tous.

L'un des questionnaires les plus utilisés dans le monde est l'International Physical Activity Questionnaire (IPAQ). Le questionnaire original a été élaboré en 1998 par un groupe d'experts. Il existe une version longue (IPAQ-LF) composée de 31 questions permettant de collecter des informations sur les tâches ménagères, l'AP au travail, les transports, les loisirs et la sédentarité. La version courte (IPAQ-SF) est quant à elle composée de 9 questions reflétant le temps passé assis, à marcher, en activité d'intensité modérée et élevée. Quelle que soit la version, la durée du rappel est d'une semaine. Craig et al. (2003) ont étudié la validité et la fiabilité de l'IPAQ dans 12 pays différents <sup>144</sup>. Pour cela 744 adultes ont porté l'accéléromètre et rempli la version longue, et 781 adultes ont porté l'accéléromètre et rempli la version courte. La comparaison des mesures subjectives et objectives montre un accord faible avec des coefficients de corrélation moyens de 0,33 (version longue) et 0,30 (version courte).

Le Recent Physical Activity Questionnaire (RPAQ) est un questionnaire d'AP très proche de l'IPAQ-LF. Ce questionnaire est issu de l'EPIC-Norfolk Physical Activity Questionnaire 2. Il évalue l'AP du dernier mois dans quatre domaines : les activités au domicile (tâches ménagères, temps devant un écran), au travail, pendant les déplacements et pendant les temps de loisir. Ce questionnaire a été validé par Besson et al. (2010) en comparaison avec l'eau doublement marquée <sup>145</sup>. Pour cette étude de validation, 50 adultes ont été recrutés. La DER a été mesurée par calorimétrie indirecte. Les participants ont porté un Actiheart® pendant 11 jours consécutifs. Durant cette période, l'eau doublement marquée a permis d'évaluer précisément la DET. Une corrélation significative et positive entre la DET auto-déclarée via le RPAQ et celle mesurée par l'eau doublement marquée a été mise en évidence ( $r = 0,67$ ,  $p < 0,0001$ ). De plus, le degré d'agrément de la DET estimée par le RPAQ et mesurée par l'eau doublement marquée est satisfaisant. Cependant, le RPAQ sous-estime significativement la DET avec une erreur moyenne de -3 452 kJ par jour, soit 825 kcal par jour. Cette sous-estimation est d'autant plus grande que la DET est élevée. La DEAP est estimée en soustrayant la DER à la DET

précisément mesurée par l'eau doublement marquée. Une corrélation modérée mais significative est observée entre l'estimation auto-déclarée et l'eau doublement marquée ( $r = 0,39$  ;  $p = 0,0004$ ). Cependant, le RPAQ sous-estime la DEAP avec une erreur moyenne de  $-12,9 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{jr}^{-1}$ , soit  $3 \text{ kcal.kg}^{-1}.\text{jr}^{-1}$ . Au regard des temps passés à des comportements sédentaires, des activités d'intensité légère, modérée et élevée estimés par le RPAQ et ceux fournis par Actiheart<sup>®</sup>, une forte corrélation est observée uniquement pour les activités d'intensité élevée ( $r = 0,70$  ;  $p < 0,0001$ ). De plus, ce questionnaire surestime la durée de sédentarité de 0,7 heures par jour en moyenne.

Certains auteurs se sont intéressés à la validité des questionnaires distribués au format électronique. Golubic et al. en 2014 <sup>146</sup> ont évalué les résultats du RPAQ électronique par rapport à ceux fournis par Actiheart<sup>®</sup>. Cette étude a inclus 1 923 adultes répartis dans 10 pays d'Europe. À l'issue d'une première visite, ils ont porté Actiheart<sup>®</sup> pendant 24h réparties sur un minimum de quatre jours. À l'issue d'une deuxième visite, ils ont rempli le RPAQ administré sous-forme électronique, sauf en Suède où un format papier a été utilisé. L'erreur moyenne de la DEAP estimée par le RPAQ par rapport au Actiheart<sup>®</sup> est de -11% pour l'ensemble de la population. Le RPAQ sous-estime la DEAP chez les femmes avec une erreur significative de -16%. Cette erreur est nettement plus faible chez les hommes avec un écart de seulement 1,1%. Les auteurs également mettent en évidence un effet significatif de l'IMC. Ils rapportent une sous-estimation de la DEAP par les individus normo-pondérés et en surpoids, et une surestimation par les individus obèses. Ce temps passé en activité d'intensité modérée et élevée est significativement sous-estimé chez les femmes (-11,5%) et surestimé chez les hommes (+6,6%) par le RPAQ. Le temps de sédentarité est, quant à lui, significativement sous-estimé, quel que soit le sexe, avec une erreur moyenne de -20,8% chez les femmes et -14,8% chez les hommes. L'erreur est d'autant plus grande que le temps de sédentarité est élevé. Ces auteurs rapportent que ces résultats sont similaires à ceux obtenus avec d'autres questionnaires. Ainsi, ils concluent que le RPAQ en version électronique est un outil valable pour l'estimation de la DEAP et du temps passé en AP d'intensité modérée et élevée.

Quel que soit le questionnaire utilisé, l'auto-déclaration des AP entraîne un biais important comparé aux mesures objectives. En effet, le répondant a tendance à surestimer ou sous-estimer ses AP réelles et en général à sous-estimer le temps passé assis. Ce biais peut s'expliquer de différentes façons. Tout d'abord, il peut être lié à la perception et à l'estimation du temps. Il est connu que lorsqu'un individu effectue une tâche qui l'intéresse le temps passe plus vite. Par exemple devant un film, des jeux vidéo ou l'ordinateur, l'esprit est tellement absorbé par la

tâche que l'individu ne voit pas passer le temps. A l'inverse lorsqu'un individu s'ennuie ou qu'il effectue une tâche sans motivation, le temps passe plus lentement <sup>147</sup>. Par exemple, une personne qui n'aime pas marcher, aura l'impression d'avoir marché une heure alors qu'en réalité elle n'a marché que 30 minutes. Ensuite, ce biais peut également être dû à la représentation que l'individu veut donner de lui-même, à savoir d'un individu actif plutôt que sédentaire. Compte-tenu de la littérature et du grand nombre de questionnaires permettant d'évaluer l'AP, la question est de savoir lequel est le plus pertinent pour une étude. Afin de répondre à cette question nous avons répertorié dans le tableau ci-dessous (Tableau 6), les principales caractéristiques (domaine d'AP, durée de mesure, nombre de questions, validité, avantage et inconvénient) des trois questionnaires présentés dans ce chapitre. L'IPAQ-SF et l'IPAQ-LF ont une durée de rappel de sept jours, seul le RPAQ est fondée sur le rappel du dernier mois. Une semaine semble être une durée de mesure optimale, car au-delà le risque de biais lié aux oublis augmente fortement. L'IPAQ-SF, avec ses 9 questions, évalue seulement les activités de loisirs, et le temps passé devant un écran. L'IPAQ-LF (31 questions) et le RPAQ (19 questions) prennent en compte l'AP domestique, le travail, les transports, les loisirs et la sédentarité. Quel que soit le questionnaire envisagé, les coefficients de corrélation entre l'auto-déclaration et la mesure objective sont faibles ou moyens. Les coefficients les plus élevés sont observés pour les AP d'intensité élevée mesurées avec le RPAQ. Les AP d'intensité élevée sont généralement bien renseignées, car elles correspondent souvent aux activités sportives avec une fréquence et une durée bien précise. En revanche les durées des AP d'intensité modérée et légère sont beaucoup plus difficilement quantifiables. L'AP modérée à élevée semble être mieux évaluée par le RPAQ que par les autres questionnaires. Enfin les estimations de l'IPAQ en version longue et courte, ont des coefficients de corrélation faibles avec des mesures objectives. Cependant, ils présentent l'avantage d'être largement utilisés dans le monde, facilitant ainsi les comparaisons des données.

| Questionnaire | Durée de rappel | Domaines   | Nombre de question | Validité vs mesure objective   | Avantage  | Inconvénient                           |
|---------------|-----------------|--|--------------------|--|---|--|
| IPAQ-LF       | 7 jours         | Domestique<br>Travail<br>Transport<br>Loisirs<br>Sédentarité | 31                 | VS Actigraph<br>Accord faible<br>$r(AP) = 0,33$<br>$r(sed) = 0,31$   | - Mesure dans tous les domaines<br>- Durée de rappel optimale                   | - Trop long<br>- Accord faible         |
| IPAQ-SF       | 7 jours         | Loisirs<br>Sédentarité                                       | 9                  | VS Actigraph<br>Accord faible<br>$r(AP) = 0,30$<br>$r(sed) = 0,33$   | - Durée de rappel optimale<br>- Simple et rapide à mettre en place              | - Manque de domaine<br>- Accord faible |
| RPAQ          | 1 mois          | Domestique<br>Travail<br>Transport<br>Loisirs<br>Sédentarité | 18                 | VS Actiheart<br>Accord faible et modérée<br>$r(APel) = 0,70$<br>$r(sed) = 0,27$<br>Pas de corrélation AP légère et modérée | - Mesure dans tous les domaines<br>- Accord modéré pour l'AP d'intensité élevée | - Durée de rappel longue               |

*Tableau 6 : Caractéristiques des principaux questionnaires d'activité physique*

Où r : coefficient de corrélation, AP : activité physique, mod : modérée, el : élevée, sed : sédentarité

L'ensemble des caractéristiques des différentes mesures de l'AP est proposé en Annexe 2.

### II.3 L'essor de la e-santé

Comme nous l'avons précisé au tout début de ce chapitre, nous vivons dans un monde où les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) sont omniprésentes. L'internet est arrivé dans les années 1990. Appelé Web1.0, cet Internet était dit statique ou consultatif. Il était utilisé à des fins de diffusion de contenus et d'informations. Divers moteurs de recherche

comme Yahoo et Google, ont été créés quelques années plus tard. Au début des années 2000, c'est l'avènement du Web avec l'arrivée des réseaux communautaires. Le web devient collaboratif, l'utilisateur n'est plus un simple consultant, il peut maintenant contribuer à la création de pages web et de contenus. C'est alors que les blogs, les forums et enfin les réseaux sociaux apparaissent en masse. L'internet actuel, le Web 3.0, est un internet intelligent, performant, connecté et mobile. Il est tout d'abord capable d'analyser un ensemble de données pour proposer une réponse adaptée à chaque utilisateur. Une donnée de géolocalisation, une recherche sur Internet et l'ensemble des propositions qui s'en suivent sont personnalisées. En 2016, selon l'Union Internationale de la Télécommunication (UIT), 52,3% de la population mondiale a accès à Internet et 47% l'a utilisé. Il existe néanmoins de fortes disparités dans le monde entre les pays développés et les pays en voie de développement. Alors que 75% des individus vivant en Afrique ne possèdent pas Internet, cela ne concerne que 21% des Européens <sup>148</sup>. Selon un rapport de l'INSEE<sup>12</sup>, en France en 2015, plus de trois adultes sur quatre (78%) utilisent Internet. Le taux d'équipement des foyers en connexion Internet progresse, atteignant 83%. Ce taux est en augmentation chez les personnes âgées de plus de 60 ans avec quasiment une personne sur deux (47%). Le développement des smartphones a permis la mobilité d'Internet. D'après l'UIT, 95% de la population mondiale vit dans une zone couverte par le réseau mobile cellulaire, et l'usage de l'Internet mobile (tablette et smartphone) concerne 84% de la population globale. Le téléphone est le premier objet mobile connecté à Internet. Depuis la liste s'est allongée, incluant maintenant les montres, les bracelets, les balances, les capteurs médicaux (i.e glucomètre), les robots ménagers et les voitures. Internet et les TIC sont utiles dans la vie quotidienne, dans tous les domaines, y compris la santé. Les termes télémédecine et télésanté sont notamment évoqués par le Dr Fernando Antezana, directeur de l'OMS en 1998. Il différencie notamment ces deux concepts. La télésanté serait de l'ordre de la santé publique alors que la télémédecine serait liée à la médecine curative. La e-santé est définie comme l'usage combiné de l'Internet et des TIC à des fins cliniques, éducationnelles et administratives, localement et à distance. Dans un objectif de mettre en place une couverture santé universelle, la e-santé est depuis 2005 une priorité de l'OMS <sup>149</sup>. La télésanté représente quant à elle les services de santé en ligne, information, formation, réseaux sociaux. Ce concept repose sur deux principes, l'interdiction du partage d'actes et le remboursement réservé aux actes réalisés en présence physique du patient. La télésanté regroupe la télémédecine et la m-santé (santé mobile).

---

<sup>12</sup> <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2569368?sommaire=2587886>

En France, c'est à partir de 2009 que la e-santé connaît un envol avec la loi « Hôpital, Patients, Santé et Territoire ». Ce décret prévoit la réorganisation et la modernisation de l'ensemble du système de santé. Quatre axes sont notamment ciblés, à savoir l'hôpital, la répartition des médecins et l'accès aux soins de villes, aux mesures de santé publique et à la prévention, et à la création des Agences Régionales de Santé.

### II.3.1 Les différents domaines de la e-santé

#### II.3.1.1 Les systèmes d'information de santé (SIS) et hospitaliers (SIH)

Le premier versant de la e-santé est l'informatisation des systèmes d'information de santé (SIS) et hospitaliers (SIH) (Figure 13). Un système d'information est un ensemble de procédures, de langages, d'écritures et de systèmes pour communiquer en interne et avec l'extérieur. Le terme « santé » dans le sigle SIS reflète l'ensemble des interlocuteurs impliqués dans le domaine de la santé (hôpitaux, patients, sécurité sociale, mutuelle). Ainsi le SIS est le système régissant l'ensemble des échanges d'information entre ces interlocuteurs. Dans ce système on retrouve notamment le dossier du patient informatisé au sein d'un système hospitalier. Ce dossier informatisé permet de stocker dans un seul et même dossier l'ensemble des informations santé afin d'optimiser les soins. Plus récemment le dossier médical partagé a vu le jour. Le principe est de regrouper dans un seul et même dossier l'ensemble des informations de santé (antécédents médicaux, résultats d'examens cliniques et biologiques) d'un individu. Ce dossier est enrichi et consultable par le patient lui-même et par l'ensemble des professionnels de santé impliqués dans le parcours de l'individu, avec l'autorisation de celui-ci. Le SIH correspond au système informatique interne à une organisation de santé, dont l'objectif est de faciliter la gestion de l'ensemble des informations médicales et administratives d'un hôpital.

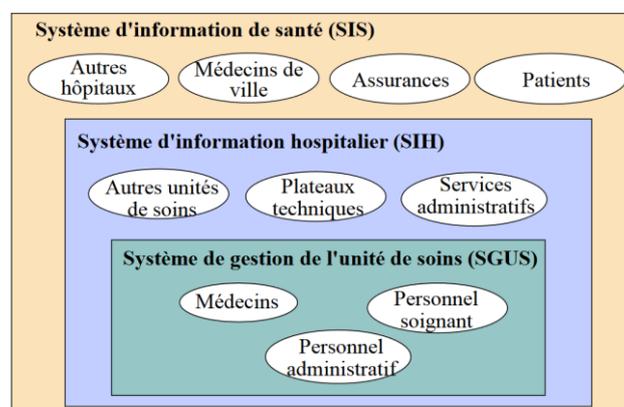


Figure 13 : Organisation des systèmes d'information autour de la santé  
D'après P.Degoulet Ecole d'été Corte Juillet 2001<sup>13</sup>

<sup>13</sup> <http://lertim.timone.univ-mrs.fr/Ecoles/infoSante/2001/SupportsEcole/Patrice.SIH.corte2001.pdf>

### II.3.1.2 La télésanté

La télésanté est un terme général pour définir l'utilisation des TIC dans tous les domaines liés à la santé. Au sein de la télésanté, on distingue la télémédecine appliquée au monde médical et au curatif, et la m-santé, qui est plus couramment à destination du grand public sur le versant préventif. Néanmoins, de par ses nombreux avantages, la m-santé intéresse de plus en plus la communauté scientifique et les professions médicales.

#### II.3.1.2.1 La télémédecine

La télémédecine est définie par l'OMS comme « la partie de la médecine qui utilise la transmission par télécommunication d'informations médicales en vue d'obtenir à distance un diagnostic, un avis spécialisé, une surveillance continue d'un malade ou une décision thérapeutique ». Bien que ce terme soit de plus en plus utilisé depuis les années 2000, la télémédecine a vu le jour dès le début du XX<sup>ème</sup> siècle. En 1920, c'est le début de l'utilisation de la radio dans le but de fournir des conseils médicaux aux marins en pleine mer. D'après un décret relatif à la télémédecine (n°2010-1229) et repris comme cadre réglementaire par la Haute Autorité de Santé, les actes de télémédecine incluent la téléconsultation, la télé-expertise, la télésurveillance médicale et la téléassistance médicale.

La téléconsultation offre la possibilité au professionnel de santé de réaliser une consultation à distance. Lors de cette consultation, un autre professionnel médical peut-être présent afin d'assister le patient. La télé-expertise permet à un professionnel de santé de solliciter l'avis d'un ou plusieurs professionnels médicaux experts sur la base des éléments du dossier médical du patient. Cet acte peut s'effectuer avec ou sans la participation du patient. La télésurveillance médicale prévoit la possibilité pour un professionnel de santé d'interpréter à distance les données relatives au suivi médical du patient dans le but de prendre des décisions sur la prise en charge. Les données peuvent être renseignées par le patient lui-même ou par un professionnel de santé. Enfin la téléassistance permet à un professionnel de santé d'être assisté à distance au cours d'un acte de santé par un autre professionnel de santé.

#### II.3.1.2.2 La m-santé

La m-santé ou encore la santé mobile correspond à l'ensemble des services liés à la santé impliquant l'utilisation d'un outil mobile et connecté. Cette composante de la e-santé connaît un essor important grâce au développement du « Quantified-self ». Selon la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL), ce concept renvoie à un ensemble de pratiques variées qui toutes ont pour point commun, de mesurer et de comparer avec d'autres

personnes des variables relatives à son mode de vie<sup>14</sup>. Ces variables peuvent être enregistrées et suivies à l'aide d'un smartphone ou d'objets connectés tels que la balance, le podomètre et le cardio-fréquence-mètre.

Le smartphone est l'outil mobile et connecté le plus répandu et le plus utilisé. Dans un rapport du "Pew Research center", en 2015, 43% de la population mondiale possède un smartphone. Ces pourcentages sont nettement plus élevés dans les pays développés tels que l'Australie (93%), le Canada (90%), les Etats-Unis (89%) et le Royaume-Uni (88%). Selon l'INSEE, en France, en 2015, la téléphonie mobile avec un taux d'équipement de 92%, dépasse la téléphonie fixe (89%). De plus, 84% des téléphones mobiles sont des smartphones. Les pays d'Afrique sont encore peu équipés de smartphones. De par leur connexion Internet ou avec d'autres technologies telles que le Bluetooth, d'autres objets du quotidien sont devenus connectés. C'est le cas du podomètre, de la balance et du cardio-fréquence-mètre.

Ainsi l'utilisation de ces nouvelles technologies peut être envisagée pour diffuser des informations personnalisées à grande échelle. De plus, de par la mobilité de ces TIC, ces informations peuvent être fournies en temps réel quel que soit l'endroit où l'on se trouve. Est-il alors possible de les utiliser pour promouvoir les comportements sains tels que la pratique de 150 minutes d'AP régulière d'intensité modérée à élevée et la réduction de la sédentarité ? Certaines études ont répondu à cette question dans la population générale. Muntaner et al. (2015) a réalisé une revue systématique afin d'identifier et d'analyser les études utilisant des outils mobiles, tels que le téléphone ou l'assistant personnel digital, pour promouvoir l'AP chez des individus sains <sup>150</sup>. Ces auteurs ont inclus 12 articles, publiés entre 2007 et 2013. Les interventions, d'une durée de 2 à 24 semaines, ont impliqué l'utilisation du mobile (SMS, appel ou application) dans la majorité des études. Une étude a utilisé un assistant personnel digital, qui est un ordinateur de poche, dont l'usage de base est l'organisation (agenda, répertoire, gestion des tâches). L'AP a été mesurée objectivement via des accéléromètres, et subjectivement à l'aide de questionnaires et d'auto-déclarations. Six études sur 12 rapportent une augmentation du niveau d'AP liée à l'utilisation du mobile. Davies et al. (2012) ont réalisé une méta-analyse afin d'évaluer l'effet des interventions délivrées par la biais d'Internet sur le niveau d'AP chez les adultes <sup>151</sup>. Les auteurs ont inclus 34 études publiées entre 2001 et 2011. La moitié des études ont été réalisées dans la population générale, et l'autre moitié dans des populations atteintes de maladies chroniques (diabète de type 2, obésité, arthrose, maladies

---

<sup>14</sup> <https://www.cnil.fr/fr/quantified-self-m-sante-le-corps-est-il-un-nouvel-objet-connecte>

cardiovasculaires...). Pour délivrer l'intervention, 62% de ces études ont utilisé Internet associé aux e-mails, 26% ont utilisé Internet seul et 12% les e-mails uniquement. L'AP était la première variable étudiée dans 74% de ces études. Les résultats montrent un effet positif et significatif de l'utilisation d'Internet sur l'évolution du niveau d'AP ( $d = 0,14$  ;  $p < 0,001$ ). Qu'en est-il de l'impact des TIC sur le niveau d'AP uniquement chez les patients ayant une maladie chronique, qui est une population plus à risque vis-à-vis de l'IP et de la sédentarité ?

### II.3.2 L'impact de la e-santé sur les comportements en AP des patients ayant une maladie chronique

Afin de répondre à cette question, nous avons effectué une revue des revues systématiques sur l'efficacité des interventions utilisant les TIC pour augmenter l'AP de patients ayant une maladie chronique (Paris et al, en soumission ; *Annexe 1 – Article 2*). Cette revue a été construite selon les règles de conduite données par PRISMA ("Preferred Reported Items for Systematic review and Meta-Analysis"). Ainsi, nous avons effectué une recherche dans trois bases de données (PubMed, Web of Science et Cochrane) à l'aide d'une équation de recherche comprenant trois blocs, à savoir i) le type de publication, ii) l'activité physique et iii) les TIC comme outil pour délivrer l'intervention. Un total de 282 revues a été identifié. Les auteurs ont ajouté 10 revues supplémentaires, identifiées lors d'un précédent travail. Après suppression des doublons, deux lecteurs ont indépendamment fait une première sélection sur le titre et le résumé. A l'issue de cette première sélection, les deux lecteurs ont entièrement lu les 24 revues restantes, pour finalement en inclure 12. Ces revues ont été publiées entre 2011 et 2016. Elles ont inclus 44 articles de recherche uniques, pour un total de 9 945 patients. La qualité méthodologique de chacune des 12 revues a été évaluée avec l'outil validé AMSTAR. Cette outil nécessite de vérifier la présence de 12 points de qualité méthodologique. Un score supérieur ou égal à 11 indique une excellente qualité méthodologique. Un score compris entre 10 et 9 indique une très bonne qualité, entre 8 et 7 une bonne qualité, entre 6 et 5 un niveau acceptable et enfin inférieur ou égal à 4 un niveau médiocre. La moyenne des scores de ces 12 revues est de 7,5. Deux revues sont de très bonne qualité méthodologique, sept ont une bonne qualité et enfin trois revues ont un niveau acceptable. Parmi ces 12 revues, six ont ciblé le diabète de type 2, deux revues se sont intéressées aux maladies cardiovasculaires, une seule a concerné la BPCO et enfin les trois revues restantes ont étudié les maladies chroniques en général. Les interventions ont été délivrées par le biais de différentes technologies, utilisées seule ou en combinaison. Internet a été utilisé dans 11 revues par le biais de site web, d'e-mails et/ou de forum. Le téléphone mobile a été utilisé dans six revues à travers les SMS, les rappels ou encore les appels téléphoniques.

L'ordinateur a également été utilisé pour consulter des CD-ROM, regarde des vidéos et faire des quizz. L'AP a majoritairement été évaluée de façon subjective par des questionnaires. Seulement cinq études sur les 44 ont utilisé des mesures objectives à l'aide d'accéléromètre. L'analyse des résultats montre que quatre revues mettent en évidence une augmentation significative de l'AP en faveur de l'intervention utilisant des TIC comparé aux soins classiques. Ces quatre revues ont utilisé au moins deux TIC. Sept revues concluent à un impact mitigé des TIC, dont cinq revues ont utilisé une seule TIC pour l'intervention. Enfin, la dernière revue, utilisant qu'une TIC, ne rapporte aucun effet des TIC sur le niveau d'AP. Néanmoins, il n'y a statistiquement pas plus de revues montrant l'efficacité que des résultats mitigés ou que l'inefficacité d'une telle intervention ( $\chi^2 = 4,5$  ;  $p = 0,25$ ).

Les résultats de notre revue de revues ne nous permettent pas de conclure sur l'efficacité ou non des interventions utilisant les TIC pour promouvoir l'AP chez les patients ayant une maladie chronique. Plusieurs limites peuvent expliquer ce résultat. Premièrement, parmi les 12 revues incluses, seulement deux étaient focalisées sur l'AP. Les 10 autres revues se sont intéressées à des comportements multiples tels que l'AP, l'alimentation, le sevrage tabagique, et/ou la prise des médicaments. Les résultats ne sont donc pas limités à la modification du comportement en AP, mais incluent l'évolution d'autres variables comme la dyspnée, l'hémoglobine glyquée ou l'IMC. Ainsi, il a été difficile d'identifier les caractéristiques clés (durée, TIC, populations) de l'efficacité des interventions qui promeuvent l'AP. Deuxièmement, les revues ont parfois inclus des études qui n'ont pas fait de comparaison avec un groupe contrôle. Ainsi, l'évolution observée dans le groupe intervention est-elle réellement une évolution significative ? Est-ce que l'intervention classique sans l'utilisation des TIC n'est-elle déjà pas suffisante pour promouvoir l'AP ? Troisièmement, l'acceptation des TIC dans le domaine de la santé est conditionnée non seulement par les connaissances des outils mais aussi par l'attitude et l'intérêt vis-à-vis de ces outils [152](#), [153](#). Cependant ces paramètres n'ont été étudiés dans aucune de ces 12 revues. Ainsi l'absence d'effet observé dans certaines revues pourrait être due à l'inefficacité du dispositif ou bien à la méconnaissance ou à la peur de l'utilisation de ces outils ou bien encore par simple désintérêt. Enfin, quatrièmement, certaines études incluses dans les revues ne proposent pas de programme d'APA. Elles fournissent des conseils autour de l'AP. C'est le cas par exemple d'Arora et al. (2013) qui ont testé l'impact de conseils délivrés par sms [154](#). Comme nous l'avons souligné auparavant, il est indispensable d'adapter l'AP aux capacités physiques du patient. C'est un facteur clé dans la réussite de

l'activité. Ainsi l'absence d'effet pourrait être due au fait que l'AP proposée est inadaptée aux patients ciblés.

L'objectif global de ce travail de thèse est d'évaluer si les nouvelles technologies de l'information et de la communication peuvent être des outils valides pour la promotion de l'AP à moyen et long terme chez des patients atteints de maladies chroniques. Les chapitres de mon travail expérimental de thèse sont au nombre de trois. Tout d'abord, nous avons interrogé des patients chroniques sur leurs connaissances et leurs intérêts vis-à-vis des objets connectés et leur utilisation réelle de ces outils. L'objectif est de comprendre quels sont les usages des TIC faits par les patients et leur niveau d'acceptation de la technologie dans leur parcours de soins. Dans un second temps, nous avons évalué, dans cette même population, l'effet d'un réentraînement supervisé et adapté à chaque patient, couplé à l'utilisation d'un podomètre pendant 6 mois sur l'évolution non seulement de leur intention et motivation à pratiquer l'AP mais aussi sur l'évolution de leur comportements sédentaires et actifs. Nous avons également étudié l'évolution de paramètres secondaires comme l'intensité des douleurs articulaires, la perception de la santé et la qualité de vie. Enfin, dans le troisième et dernier chapitre, nous avons évalué l'efficacité d'un dispositif numérique complet (site web, application pour smartphone, balance et podomètre connectés) mis à disposition de patients chroniques sur l'atteinte des recommandations en AP ainsi que sur leurs intentions et motivations vis-à-vis de l'AP.

---

**Chapitre 1 : Etude Connaiss-TIC.**  
**Caractérisation des connaissances et des usages  
des technologies de l'information et de la  
communication dans une population de patients  
atteints de maladie chronique**

---

## I. Objectif

Comme nous l'avons expliqué précédemment, les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) ont progressivement intégré les objets du quotidien reflétant une bonne acceptabilité de ces technologies par la population générale. Leurs avantages sont liés à la capacité de diffuser une information personnalisée au plus grand nombre, leur utilisation comme outil de promotion de la santé est ainsi devenue un domaine de recherche à part entière.

Néanmoins, comme il a été souligné auparavant, l'acceptation des TIC dans le domaine de la santé est étroitement liée aux connaissances technologiques et à l'utilisation de ces outils ainsi qu'à l'intérêt qu'un individu porte aux TIC [152](#), [153](#). En conséquence, si une intervention n'est pas efficace, cela peut être lié à l'outil utilisé pour diffuser cette intervention.

Ainsi, afin de juger de la pertinence d'une prise en charge impliquant les TIC, chez des patients âgés de 45 à 79 ans atteints d'une maladie chronique, les objectifs de cette première étude sont d'évaluer i) les connaissances des patients vis-à-vis des TIC, ii) leurs usages et iii) leurs attitudes vis à vis de l'utilisation des TIC dans les domaines de la santé et de l'AP.

Notre première hypothèse est que la population des patients souffrant de pathologie chronique est majoritairement équipée de l'accès à Internet comme la plupart de la population française, et qu'elle a des connaissances partielles au regard des TIC. D'autre part, plus âgée et en moins bonne santé que les générations Y et Z (nées après 1980), cette population pourrait ne pas être réceptive à l'utilisation des objets connectés pour l'auto mesure de son comportement et le suivi de son état de santé, que ce soit pour des raisons techniques ou des raisons éthiques (seconde hypothèse).

## II. Matériels et méthodes

### II.1 Elaboration d'une enquête sur les connaissances et les usages des TIC

Nous avons élaboré spécifiquement un questionnaire combinant des questions fermées, ouvertes et à choix multiples (*Annexe 4*). Celui-ci a été complété par les patients au cours d'un entretien en face-à-face. Ce questionnaire est composé de 11 questions concernant l'utilisation d'Internet (accès, fréquence et raisons d'utilisation), des objets connectés (connaissance et possession), des smartphones (possession et utilisation), des applications mobiles (connaissance et utilisation), la connaissance de la e-santé, l'utilisation d'Internet pour obtenir des informations relatives à la santé et l'intérêt pour l'utilisation de ces outils dans le domaine de la santé et de l'AP. Les questions ont été organisées pour interroger les patients de façon

progressive, d'abord sur des aspects généraux (Internet, objet connecté, smartphone) puis spécifiques (e-santé).

Pour les questions fermées, les possibilités de réponse sont, pour la plupart, binaires (Oui/Non). Pour trois questions (connaissance de la e-santé, utilisation des TIC pour la santé ou l'AP), la réponse « ne sais pas » a été ajoutée, afin de pouvoir mettre en avant les incertitudes et les avis indécis. Les questions ouvertes sont utilisées pour confirmer une réponse à l'aide d'un exemple (nom d'un objet connecté, nom d'une application mobile). Les questions à choix multiples sont utilisées pour exprimer un choix d'utilisation d'Internet, du smartphone et des applications mobiles. Elles sont également utilisées pour comprendre les raisons qui poussent les volontaires à accepter d'utiliser ou non les TIC dans les domaines de la santé et de l'AP.

## II.2 La population de l'étude

Les critères d'inclusion étaient d'être âgés entre 45 et 79 ans, atteints d'une maladie chronique : obésité ( $IMC > 30 \text{ kg.m}^{-2}$ ), diabète de type 2 traité, broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO) ou cancer (en cours de traitement) et pris en charge ou ayant été pris en charge par l'AP. Les critères de non inclusion étaient l'incapacité de pratiquer une AP de type marche et la difficulté de compréhension de la langue française. Les patients volontaires ont été enquêtés dans le cadre de leur prise en charge thérapeutique par l'AP au Centre Hospitalier Universitaire Gabriel Montpied (Clermont-Ferrand) ou au Centre Hospitalier Universitaire Estaing (Clermont-Ferrand) ou encore au Centre de Ressources, d'Expertise et de Performance Sportives (CREPS) de Vichy ou inscrits à la Fédération Française d'Education Physique et de Gymnastique Volontaire de l'Allier. La clinique de réadaptation cardio-pulmonaire de Durtol avait également été sollicitée afin de proposer à des patients atteints de maladies cardiovasculaires de participer à cette étude. Toutefois, cette clinique n'a pas répondu favorablement à temps, et ce type de patients n'a pas pu être inclus. Le recrutement a été effectué lors d'une prise de contact téléphonique, avec l'aide des éducateurs sportifs de chacun des centres.

Cette enquête a fait l'objet d'une déclaration à la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL) enregistré sous le numéro 0169 par le référent CNIL du CHU G. Montpied de Clermont-Ferrand. Nous avons également reçu un avis éthique du Comité de Protection des Personnes Sud-Est VI avec pour référence le numéro 2016/CE40. Notons que cette demande a été effectuée avant la nouvelle loi Jardé (décret n° 2016-1537 du 16 novembre 2016) régissant des nouvelles modalités de réalisation des recherches impliquant la personne humaine.

### II.3 Les analyses statistiques

Pour l'analyse des données, nous avons utilisé le test du Khi-deux afin de tester l'indépendance des variables en comparant les effectifs observés et théoriques. Lorsque la « p-value » est inférieure ou égale à 0,05, on rejette l'indépendance des variables, c'est-à-dire qu'on considère que les variables étudiées sont dépendantes l'une de l'autre. Les variables explicatives testées sont l'âge, le sexe et la catégorie socio-professionnelle, qui sont connues pour influencer l'usage des TIC. Pour l'analyse de la variable âge, nous avons constitué trois classes, à savoir les 45 – 54 ans, les 55 – 64 ans et les plus de 65 ans.

## III. Résultats

### III.1 Caractéristiques de la population interrogée

A l'issue de la période de recrutement, 78 patients atteints d'une ou plusieurs maladies chroniques ont été inclus dans l'étude. Les caractéristiques globales des patients sont résumées dans le Tableau 7. La description de cette population selon le sexe et la classe d'âge est présentée dans le Tableau 8.

| Variable                        | Catégorie                | Effectif (n) | Fréquence (%) | $\chi^2$ | p          |
|---------------------------------|--------------------------|--------------|---------------|----------|------------|
| Sexe                            | Femme                    | 50           | 64            | 6,2      | 0,02*      |
|                                 | Homme                    | 28           | 36            |          |            |
| Classe d'âge                    | 45 -54 ans               | 24           | 31            | 0,9      | 0,75       |
|                                 | 55 - 64 ans              | 30           | 38            |          |            |
|                                 | > 65 ans                 | 24           | 31            |          |            |
| Activité professionnelle        | Sans                     | 57           | 73            | 16,6     | <0,0001*** |
|                                 | Avec                     | 21           | 27            |          |            |
| Situation                       | Activité                 | 21           | 27            | 23,0     | 0,005**    |
|                                 | Chômage                  | 8            | 10            |          |            |
|                                 | Arrêt Maladie            | 13           | 17            |          |            |
|                                 | Retraite                 | 36           | 46            |          |            |
| Catégorie socio-professionnelle | Employé                  | 52           | 67            | 142,9    | <0,0001*** |
|                                 | Artisan                  | 6            | 8             |          |            |
|                                 | Cadre                    | 9            | 12            |          |            |
|                                 | Profession intermédiaire | 5            | 6             |          |            |
|                                 | Ouvrier                  | 5            | 6             |          |            |
| ALD                             | Agriculteur              | 1            | 1             | 13,1     | 0,0003***  |
|                                 | Oui                      | 55           | 70,5          |          |            |
|                                 | Non                      | 23           | 29,5          |          |            |
| Pathologie                      | Obésité                  | 37           | 47,4          | 24,7     | 0,005**    |
|                                 | DT2                      | 20           | 25,6          |          |            |
|                                 | BPCO                     | 13           | 16,7          |          |            |
|                                 | Cancer                   | 8            | 10,3          |          |            |

Tableau 7 : Caractéristiques globales des patients

| Catégorie                  | Sexe      |           |          |                   | Classe d'âge    |                 |              |          |            |
|----------------------------|-----------|-----------|----------|-------------------|-----------------|-----------------|--------------|----------|------------|
|                            | Homme (%) | Femme (%) | $\chi^2$ | p                 | 45 – 54 ans (%) | 55 – 64 ans (%) | > 65 ans (%) | $\chi^2$ | p          |
| 45 -54 ans                 | 18        | 38        |          |                   |                 |                 |              |          |            |
| 55 - 64 ans                | 50        | 32        | 3,9      | 0,14              |                 |                 |              |          |            |
| > 65 ans                   | 32        | 30        |          |                   |                 |                 |              |          |            |
| Inactivité professionnelle | 75        | 72        | 0,08     | 0,77              | 42              | 80              | 96           | 19,1     | <0,0001*** |
| Activité                   | 24        | 28        |          |                   | 58              | 20              | 4            |          |            |
| Chômage                    | 7         | 12        |          |                   | 17              | 13              | 0            |          |            |
| Arrêt Maladie              | 14        | 18        | 1,14     | 0,77              | 25              | 23              | 0            | 47,4     | <0,0001*** |
| Retraite                   | 54        | 42        |          |                   | 0               | 43              | 96           |          |            |
| Employé                    | 61        | 70        |          |                   | 79              | 67              | 54           |          |            |
| Artisan                    | 11        | 6         |          |                   | 0               | 10              | 13           |          |            |
| Cadre                      | 18        | 8         |          |                   | 8               | 13              | 13           |          |            |
| Profession Intermédiaire   | 7         | 6         | 3,4      | 0,64              | 4               | 7               | 8            | 8,8      | 0,55       |
| Ouvrier                    | 4         | 8         |          |                   | 4               | 3               | 13           |          |            |
| Agriculteur                | 0         | 2         |          |                   | 4               | 0               | 0            |          |            |
| En ALD                     | 82        | 64        | 2,8      | 0,09 <sup>t</sup> | 42              | 80              | 88           | 14,2     | 0,001***   |
| Obésité                    | 29        | 58        |          |                   | 71              | 43              | 29           |          |            |
| DT2                        | 32        | 22        |          |                   | 25              | 20              | 33           |          |            |
| BPCO                       | 32        | 8         | 10,7     | 0,014*            | 4               | 23              | 21           | 12,5     | 0,052*     |
| Cancer                     | 7         | 12        |          |                   | 0               | 13              | 17           |          |            |

Tableau 8 : Caractéristiques des patients selon le sexe et la classe d'âge

Les patients interrogés sont majoritairement des femmes (64%). L'âge moyen des patients est de  $59,6 \pm 8,4$  ans et la répartition selon les classes d'âge est homogène. Le poids moyen est de  $94,1 \pm 21,7$  kg, la taille moyenne de  $1,65 \pm 0,08$  m et l'IMC moyen de  $34,4 \pm 7,5$  kg.m<sup>-2</sup>. Au regard de ces caractéristiques anthropométriques, il n'y a pas de différence significative entre les hommes et les femmes, excepté pour la taille. Les patients les plus jeunes tendent à avoir un IMC plus élevé que les patients plus âgés :  $37,3$  kg.m<sup>-2</sup> vs  $33,5$  kg.m<sup>-2</sup> vs  $32,5$  kg.m<sup>-2</sup> chez les 45 – 54 ans, 55 – 64 ans, et les plus de 65 ans, respectivement ( $p = 0,06$ ).

Quel que soit le sexe, les patients sont principalement en inactivité professionnelle, puisque seulement 28% des femmes et 25% des hommes sont actifs. Les raisons de l'inactivité professionnelle sont la retraite (63%), l'arrêt maladie (23%) ou le chômage (14%), sans différence selon le sexe. De façon logique, les patients âgés de 45 à 54 ans sont plus fréquemment en activité professionnelle, à l'inverse les plus de 65 ans sont plus fréquemment inactifs et à la retraite. La catégorie socio-professionnelle la plus représentée est celle des

« employés et personnels des services directs aux particuliers », quel que soit le sexe et la classe d'âge.

Parmi les patients interrogés, 70% sont en ALD, et ceci d'autant plus qu'ils sont âgés ( $\chi^2 = 14,2$  ;  $p = 0,008$ ), les hommes ayant une tendance à l'être plus fréquemment que les femmes ( $\chi^2 = 2,8$  ;  $p = 0,092$ ). Globalement, 29% des patients sont en ALD depuis moins de 5 ans, 18% entre 5 et 10 et 53% depuis plus de 10 ans. La durée moyenne est de  $11,3 \pm 9,2$  ans.

Concernant la pathologie, 37 sont pris en charge pour une obésité, 20 pour un diabète de type 2, 13 pour une BPCO et enfin 8 pour un cancer. Chez les femmes, on note deux cancers des ovaires, un cancer du sein, un cancer de l'endomètre, un cancer de l'utérus et un cancer du côlon. Chez les hommes, on observe un cancer neuroendocrinien et un cancer colorectal. Les maladies ne touchent pas à la même fréquence les hommes et les femmes ( $\chi^2 = 10,7$  ;  $p = 0,014$ ). Plus d'une femme sur deux est prise en charge pour l'obésité, alors que moins d'un homme sur trois est pris en charge pour la même raison. La BPCO, quant à elle touche plus fréquemment les hommes que les femmes. De plus, quand les patients sont jeunes (45 à 54 ans), ils sont statistiquement plus souvent pris en charge pour l'obésité et moins souvent pour la BPCO et pour le cancer ( $\chi^2 = 12,5$  ;  $p = 0,05$ ).

Dans le cas des maladies chroniques, il n'est pas rare d'observer la coexistence de plusieurs maladies. Parmi les 78 patients interrogés, 49 patients ont déclaré n'avoir qu'une seule des quatre maladies chroniques répertoriées dans cette étude (Figure 14). Vingt six patients ont déclaré avoir deux maladies. Le diabète de type 2 et l'obésité sont les plus fréquemment associés, suivis de l'obésité associée au cancer, puis l'obésité associée à la BPCO (Figure 14). Enfin trois patients ont déclaré avoir trois maladies (Figure 14). En résumé, les patients les plus représentés sont atteints d'obésité (38% des patients interrogés), de diabète de type 2 et d'obésité (21%) et de BPCO (10%).

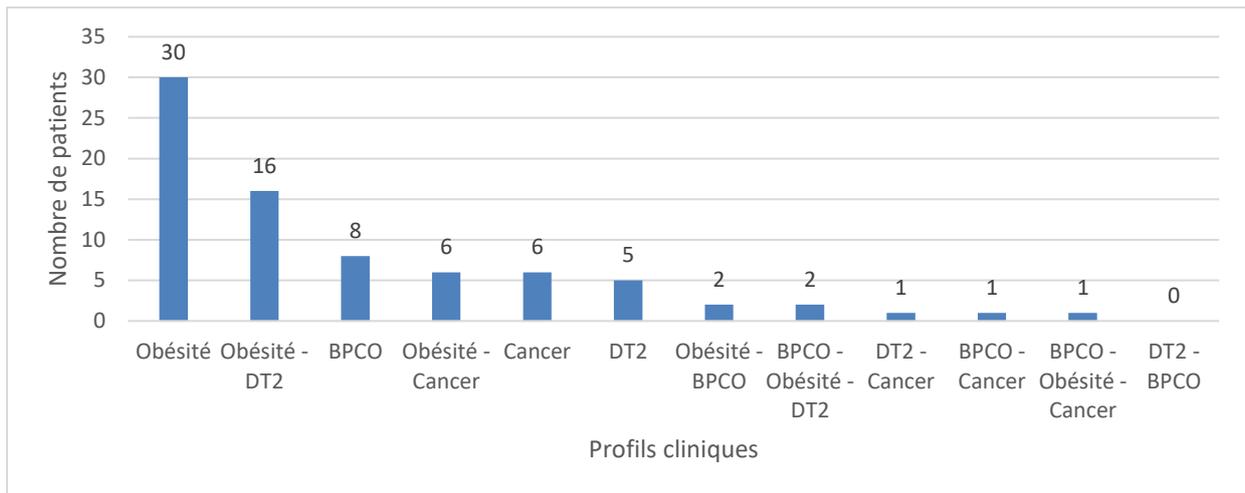


Figure 14 : Le nombre de patients par profil clinique.

En plus de ces quatre maladies chroniques, les patients souffrent de comorbidités telles que l’arthrose, l’hypertension artérielle et les maladies cardiovasculaires (infarctus, AVC). Elles touchent respectivement 45%, 33% et 8% des patients interrogés, sans différence selon le sexe ni la classe d’âge. Ces trois comorbidités touchent essentiellement les patients obèses (40%) et les patients diabétiques de type 2 obèses (25%) (Figure 15).

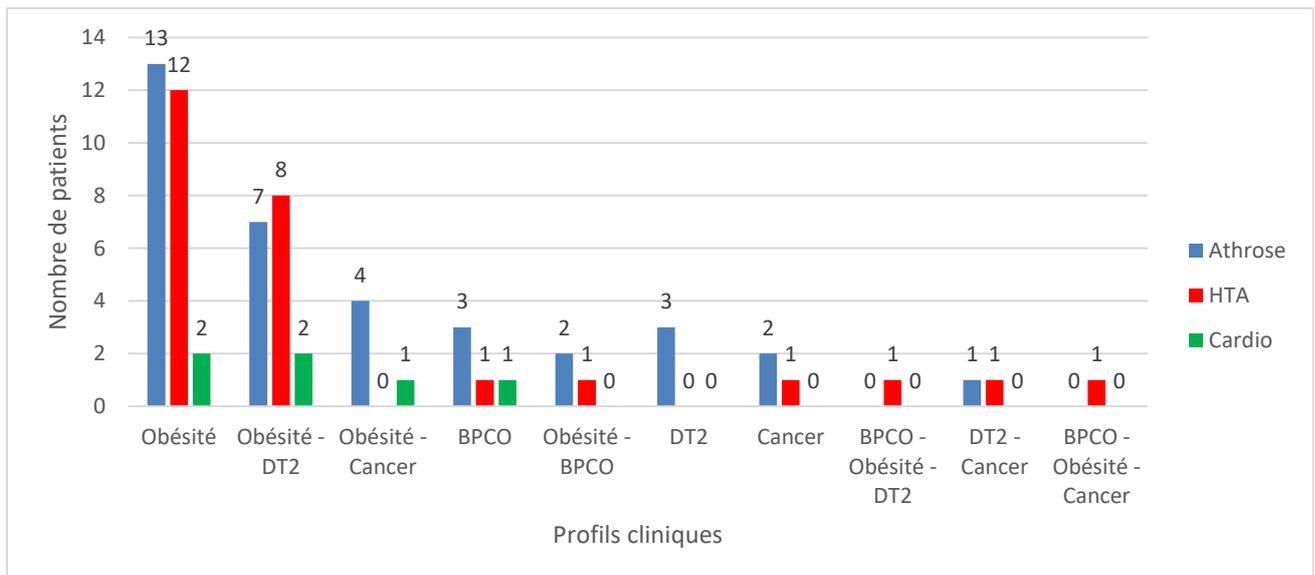


Figure 15 : Le nombre de patients par profil clinique selon les comorbidités

### III.2 Les connaissances et les usages des TIC dans la population interrogée

Quatre-vingt-douze pour cent des patients interrogés ont un accès à Internet. Il y a significativement plus de patients à avoir accès à Internet que de patients n’ayant pas accès ( $\chi^2 = 55,84 ; p < 0,0001$ ). Parmi les patients ayant accès à Internet, 72% l’utilisent plusieurs fois par jour. Les principales raisons d’utilisation sont « faire des recherches précises » et « communiquer ». La troisième raison évoquée est de « naviguer sans objectif précis » (Figure 16). Plus de neuf patients sur dix utilisent Internet pour au moins deux raisons. Seulement trois

patients l'utilisent pour une seule raison (recherche d'une information et communiquer). Enfin une patiente a accès à Internet dans son foyer mais elle ne l'utilise pas.

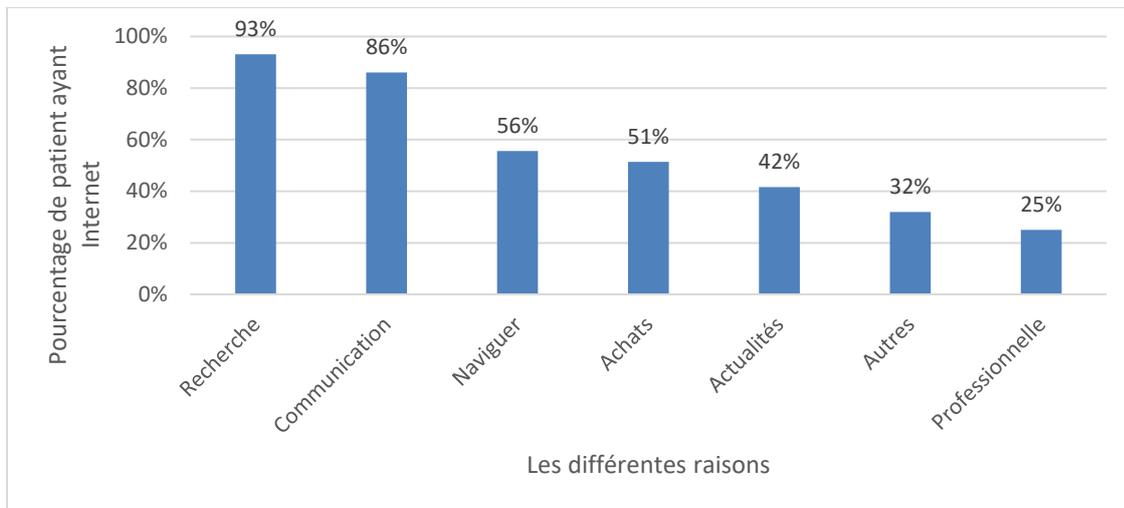


Figure 16 : Les différentes raisons d'utilisation d'Internet

Soixante-quatre pour cent des patients affirment savoir ce que sont les objets connectés. Il y a statistiquement plus de patients connaissant les objets connectés que ne les connaissant pas ( $\chi^2 = 6,20$  ;  $p = 0,013$ ). Parmi les objets connectés connus, la montre et le téléphone sont les plus cités quel que soit le sexe ou la classe d'âge. Néanmoins, chez les 45 – 54 ans, le téléphone est l'objet le plus cité, alors que chez les patients âgés de 55 à 64 ans et de plus de 65 ans, c'est la montre (Figure 17).

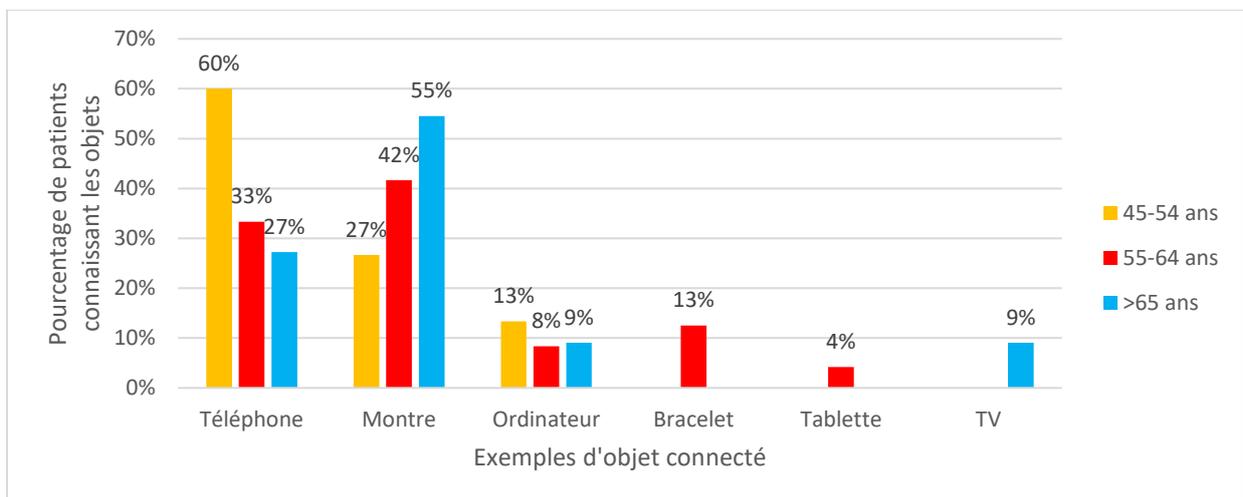


Figure 17 : Les objets connectés connus par classe d'âge parmi les patients connaissant les objets connectés

Alors que plus de la moitié des patients connaissent les objets connectés, seulement 43% disent en posséder. Il y a statistiquement autant de patients à posséder un objet connecté que de patients n'en possédant pas. Le smartphone est l'objet le plus fréquemment possédé par les patients

(69%). Les patients sont plus nombreux à posséder un smartphone qu'à ne pas en posséder ( $\chi^2 = 11,54$  ;  $p = 0,0007$ ).

La principale raison d'utilisation du smartphone est « de téléphoner et d'envoyer des SMS » (100%). La deuxième raison évoquée est « de prendre des photos et de regarder des vidéos ». Enfin « consulter ses mails » est la troisième raison d'utilisation (Figure 18). L'utilisation d'application au quotidien concerne moins de la moitié des patients possédant un smartphone. Seulement trois patients utilisent leur smartphone pour une seule raison, à savoir « téléphoner et envoyer des SMS ». Les autres patients utilisent leur smartphone pour de multiples raisons.

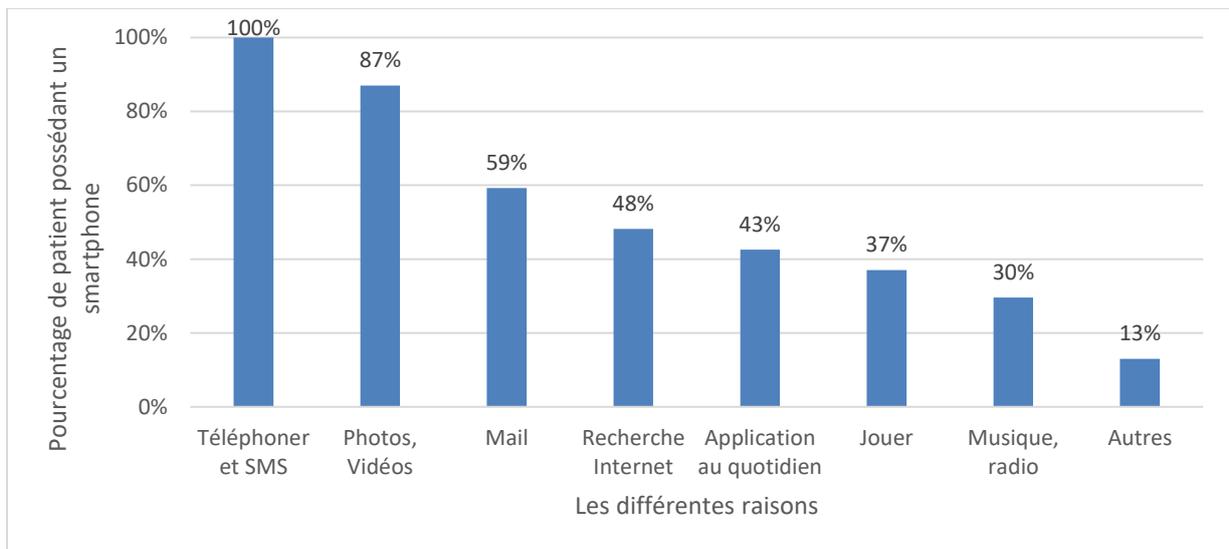


Figure 18 : Les raisons d'utilisation du smartphone parmi les patients possédant un smartphone

Sur l'ensemble des patients interrogés (possédant ou non un smartphone), il y a autant de patients qui connaissent et qui ne connaissent pas ce qu'est une application mobile. Parmi les patients possédant un smartphone, 72% savent ce qu'est une application mobile et 85% en ont déjà téléchargée.

Les applications mobiles les plus utilisées sont celles concernant la vie quotidienne (GPS, météo, banque, actualités), puis les applications de divertissement (jeux, musique, vidéos) et enfin les réseaux sociaux (Facebook) (Figure 19). Notons que 14% des applications utilisées par les patients concernent l'AP (Visorando par exemple) et 4% la santé (Samsung Health).

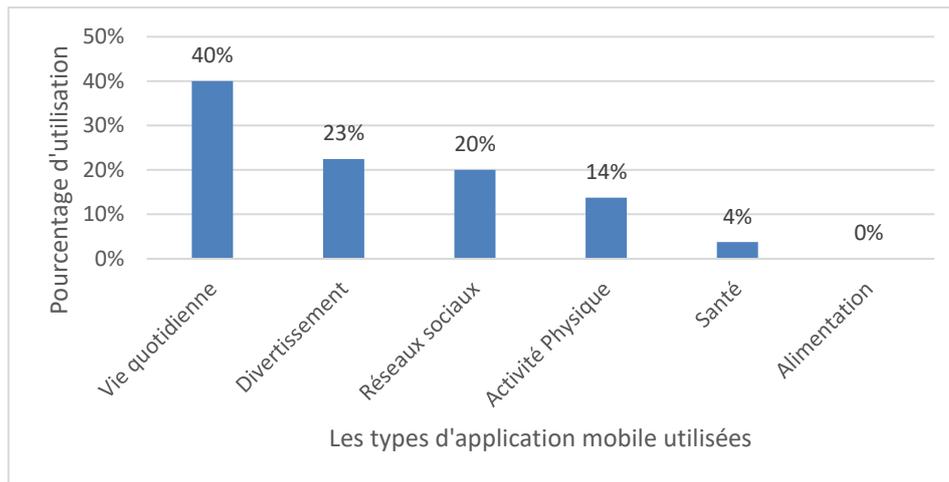


Figure 19 : Les types d'applications mobiles utilisées

Le sexe n'a pas d'effet sur la connaissance, la possession ni l'utilisation des TIC, excepté pour l'accès à Internet (Tableau 9). En effet, 100% des hommes mais seulement 88% des femmes interrogés ont un accès à Internet ( $\chi^2 = 3,64$  ;  $p = 0,05$ ). La catégorie socio-professionnelle influence ces variables de façon modérée. Elle influence statistiquement l'accès à Internet, la connaissance de la e-santé et le fait d'avoir déjà interrogé Internet pour obtenir des informations relatives à la santé. Les patients dans la catégorie socio-professionnelle « Ouvrier » ont un accès moindre à Internet ( $\chi^2 = 21,5$ ,  $p < 0,0001$ ) et par conséquent interrogent moins fréquemment Internet pour obtenir des informations sur la santé ( $\chi^2 = 11,6$ ,  $p = 0,04$ ). Les artisans, bien qu'ayant tous accès à Internet, l'interrogent moins souvent pour acquérir des informations sur la santé que les cadres, les professions intermédiaires et les employés. Les ouvriers, les artisans et les agriculteurs connaissent moins la e-santé que les cadres, les professions intermédiaires et les employés ( $\chi^2 = 21,7$ ,  $p = 0,02$ ). Notons que la catégorie « Agriculteur » n'est représentée que par un seul patient. La classe d'âge influence largement la connaissance, la possession et l'utilisation des TIC (Tableau 9). En effet, les patients âgés de plus de 65 ans, ont des connaissances technologiques plus limitées et sont moins équipés que les patients plus jeunes. En revanche, le sexe et la classe d'âge n'ont aucun effet sur l'ensemble des variables relatives à la e-santé et à l'utilisation des TIC dans le parcours de soins et pour l'AP (Tableau 9).

|                              | Sexe  |       |          |       | Classe d'âge |             |          |          |           | Catégorie Socio-Professionnelle |         |       |                     |         |             |          |           |
|------------------------------|-------|-------|----------|-------|--------------|-------------|----------|----------|-----------|---------------------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------------|----------|-----------|
|                              | H (%) | F (%) | $\chi^2$ | p     | 45 – 54 (%)  | 55 – 64 (%) | > 65 (%) | $\chi^2$ | p         | Empl oyé                        | Artisan | Cadre | Prof. intermédiaire | Ouvrier | Agriculteur | $\chi^2$ | p         |
| A accès à Internet           | 100   | 88    | 3,64     | 0,05* | 96           | 100         | 79       | 8,76     | 0,01*     | 96                              | 100     | 89    | 100                 | 40      | 100         | 21,5     | 0,0007*** |
| Connaît les objets connectés | 54    | 70    | 2,10     | 0,15  | 63           | 80          | 46       | 6,80     | 0,03*     | 65                              | 33      | 78    | 60                  | 60      | 100         | 3,9      | 0,57      |
| Possède un objet connecté    | 43    | 44    | 0,01     | 0,92  | 42           | 60          | 25       | 6,69     | 0,03*     | 46                              | 50      | 44    | 20                  | 20      | 100         | 3,8      | 0,58      |
| Possède un smartphone        | 71    | 68    | 0,1      | 0,75  | 83           | 73          | 50       | 6,64     | 0,04*     | 73                              | 83      | 67    | 60                  | 20      | 100         | 7,3      | 0,2       |
| Connaît des applications     | 39    | 56    | 2,0      | 0,16  | 71           | 60          | 17       | 16,03    | 0,0003*** | 52                              | 50      | 56    | 60                  | 0       | 100         | 6,4      | 0,27      |
| Télécharge des applications  | 36    | 46    | 0,78     | 0,38  | 63           | 47          | 17       | 10,7     | 0,005**   | 42                              | 67      | 44    | 40                  | 0       | 100         | 6,5      | 0,26      |

|   |    |    |      |      |    |    |    |      |      |    |    |    |     |    |     |      |       |
|---|----|----|------|------|----|----|----|------|------|----|----|----|-----|----|-----|------|-------|
| Connait de la e-santé                       | 43 | 44 | 0,26 | 0,88 | 33 | 53 | 42 | 2,68 | 0,61 | 44 | 17 | 56 | 100 | 0  | 0   | 21,7 | 0,02* |
| Interroge Internet pour la santé            | 82 | 80 | 0,05 | 0,82 | 83 | 87 | 71 | 2,30 | 0,32 | 87 | 50 | 78 | 100 | 40 | 100 | 11,6 | 0,04* |
| Favorable aux TIC dans le parcours de soins | 43 | 56 | 1,46 | 0,48 | 54 | 60 | 38 | 3,90 | 0,42 | 52 | 33 | 67 | 60  | 20 | 100 | 11,8 | 0,29  |
| Favorable aux TIC pour l'AP                 | 39 | 48 | 0,64 | 0,72 | 50 | 53 | 29 | 4,27 | 0,37 | 42 | 50 | 67 | 40  | 20 | 100 | 10,1 | 0,43  |

Tableau 9 : Impact du sexe, de la classe d'âge et de la catégorie socio-professionnelle sur les connaissances et l'utilisation des TIC.

La e-santé est un concept récent et 44% des patients savent la définir, 16% ont un doute et 40% n'arrivent pas à la définir ( $\chi^2 = 9,92$  ;  $p = 0,007$ ).

Néanmoins, 81% des patients ont déjà utilisé un service de la e-santé en interrogeant Internet pour obtenir des informations relatives à la santé. Les patients, qui ont eu recours à la e-santé, sont plus nombreux que ceux qui se sont abstenus ( $\chi^2 = 29,54$  ;  $p < 0,0001$ ). Au regard des définitions données pour expliquer le concept de la e-santé, la notion de santé par Internet est celle qui est majoritairement évoquée. Les patients parlent d'informations sur la santé, de consultation et de suivi médical par le biais d'Internet. Le compte « AMELI » (Assurance Maladie en Ligne) et le dossier médical partagé ont même été cités. La deuxième notion la plus souvent évoquée est celle de la médecine à distance. L'exemple le plus cité dans ce cas est l'opération à distance. Le terme de « désert médical » a été utilisé pour renforcer cette notion de distance. Enfin, le suivi médical à l'aide du téléphone et des applications mobiles en santé a été également évoqué pour expliquer le concept de la e-santé, mais dans une moindre mesure.

Concernant la question de l'intégration des TIC dans le domaine de la santé, et plus particulièrement dans le parcours de soins du patient, 51% sont favorables et 19% sont défavorables à l'utilisation des TIC dans le domaine de la santé. Enfin, 30% des patients ont un avis mitigé et ont répondu « ne sais pas ». Il y a statistiquement plus de patients favorables à l'utilisation des TIC dans le domaine de la santé que de patients défavorables ou n'ayant pas d'avis ( $\chi^2 = 12,54$  ;  $p = 0,002$ ). Parmi les patients favorables à l'utilisation des TIC, la raison la plus fréquemment évoquée est de « faciliter le suivi médical ». La deuxième raison, rejoint la première : c'est la possibilité « d'avoir un accompagnement personnalisé ». Enfin plus de trois patients sur quatre pensent que l'utilisation des TIC dans le domaine de la santé « c'est l'avenir » (Figure 20).

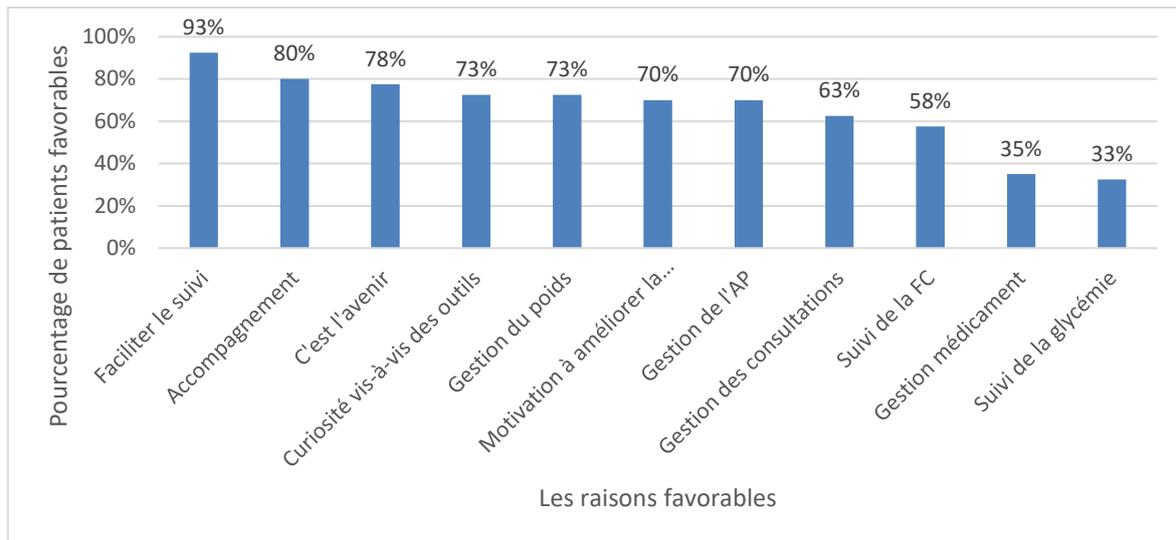


Figure 20 : Les raisons des patients favorables à l'utilisation des TIC dans le parcours de soin

Parmi les patients défavorables, la principale raison est que ces outils sont trop compliqués à utiliser (Figure 21). Les patients sont également réticents à l'idée d'échanger des données de santé par le biais d'Internet, ils trouvent que ce serait trop contraignant et qu'ils seraient trop surveillés. Notons que deux patientes défavorables ont expliqué qu'elles étaient défavorables car le contact humain est primordial. De plus, une d'entre elles a ajouté qu'elle n'avait pas confiance en ces outils.

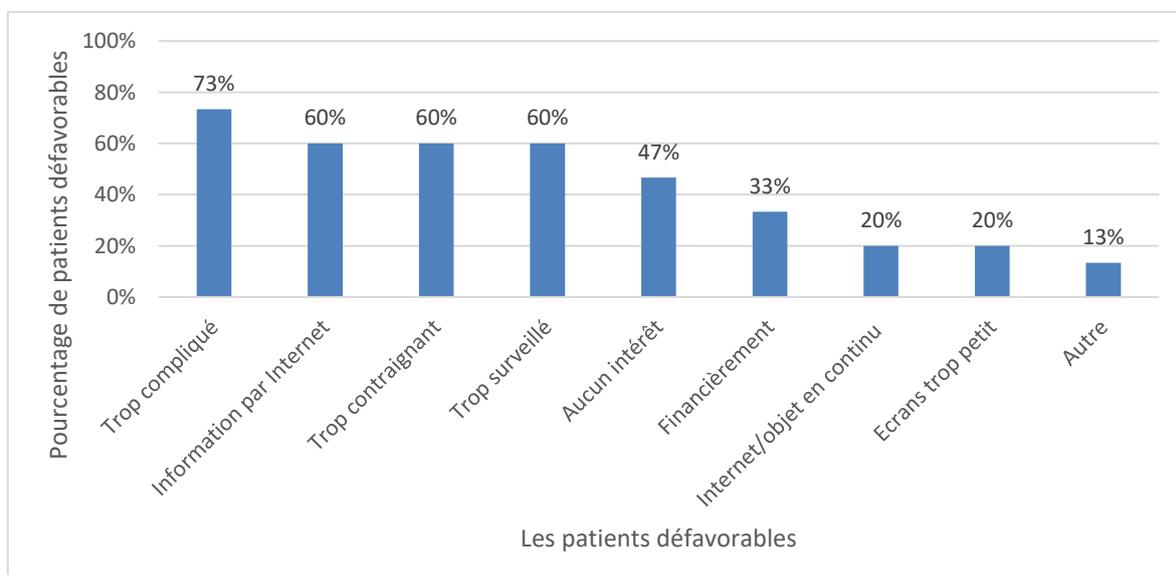


Figure 21 : Les raisons des patients défavorables à l'utilisation des TIC dans le parcours de soin

Les patients dont l'avis est mitigé ne sont pas fermement opposés à l'utilisation des TIC. Néanmoins, certains soulignent un manque d'intérêt et de motivation vis-à-vis de ces outils et la nécessité que ce soit simple d'utilisation. Ils ont aussi besoin d'explications sur les bénéfices qu'apporterait un tel dispositif numérique dans leur cas.

Dans le cadre d'une prise en charge en AP, 45% des patients sont favorables à l'utilisation des TIC, 31% ont un avis mitigé et 24% sont défavorables ( $\chi^2 = 5,15$  ;  $p = 0,07$ ). Parmi les patients favorables, les raisons les plus fréquemment évoquées sont « d'avoir des conseils sur l'AP » et « d'avoir des propositions d'AP ». De plus, 77% d'entre eux pensent que « c'est l'avenir » (Figure 22). Notons qu'une patiente a justifié son avis favorable en expliquant qu'elle était prête à utiliser les TIC pour l'AP si cela fait progresser la recherche. En revanche, elle a expliqué qu'à titre personnel ces outils ne l'intéressaient pas.

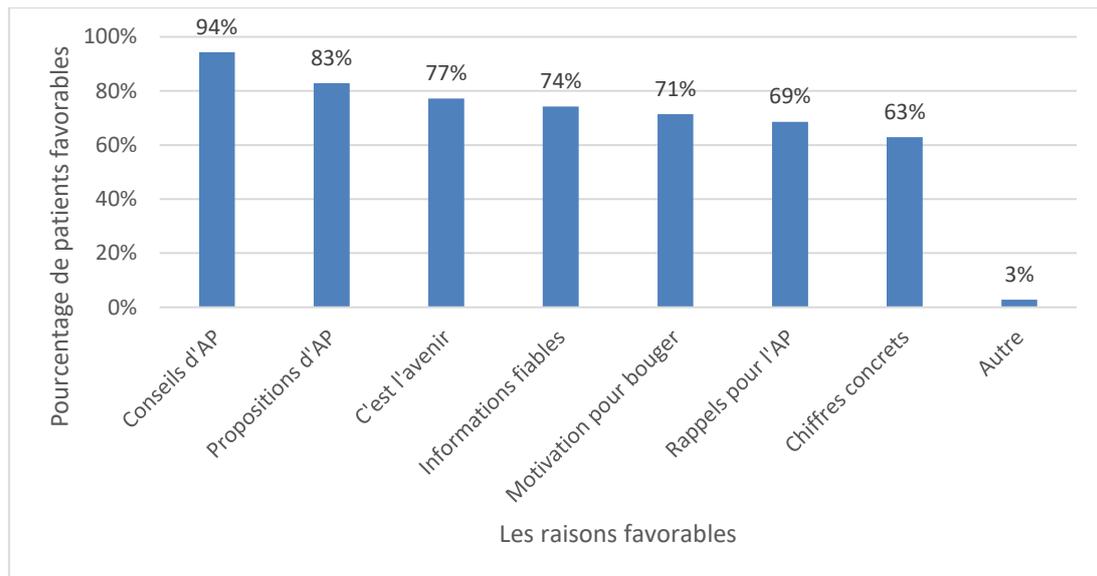


Figure 22 : Les raisons des patients favorables à l'utilisation des TIC pour l'activité physique

Parmi les patients défavorables, les raisons sont plus variables. Cinquante-huit pour cent des patients considèrent que cela ne répond pas à leur besoin et que les TIC sont des outils énervants (Figure 23). Dans les raisons « Autre », trois patients ont expliqué n'avoir aucun intérêt pour les TIC, une patiente est réticente à l'idée d'envoyer ses données par le biais d'Internet, un patient a besoin de contact humain et enfin une patiente ne se sentirait pas libre mais surveillée.

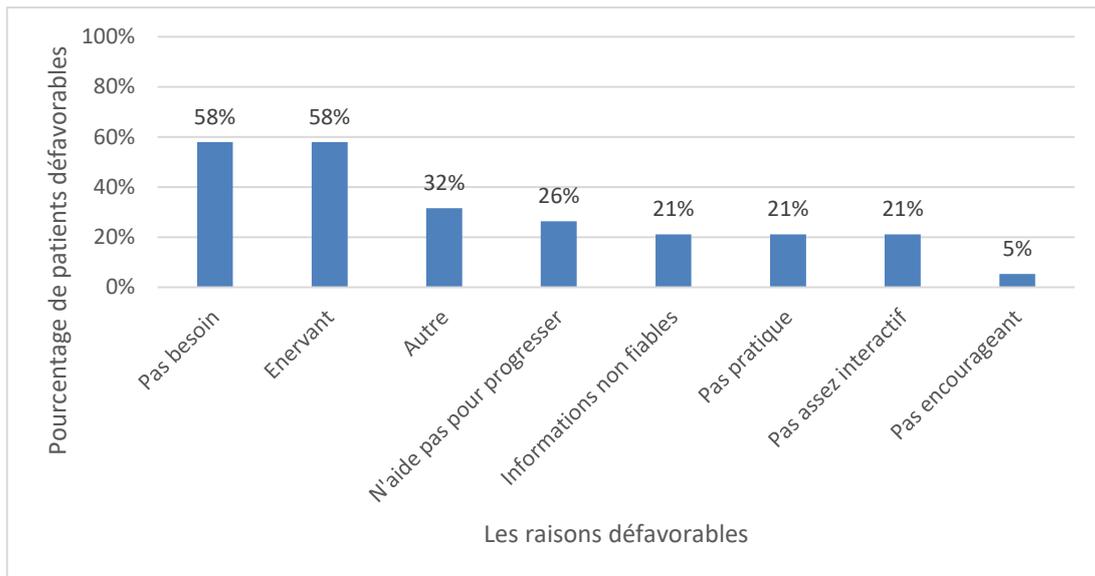


Figure 23 : Les raisons des patients défavorables à l'utilisation des TIC pour l'activité physique

Les patients indécis ne sont pas contre l'utilisation des TIC pour l'AP. Cependant, ils se demandent quelle peut être la plus-value et l'utilité de ces outils dans le cadre de la prise en charge par l'AP. L'importance du contact humain et du soutien social est également soulignée afin d'accroître la motivation vis-à-vis de l'AP.

#### IV. Discussion

L'objectif de cette étude était d'évaluer les connaissances, l'utilisation et l'intérêt vis-à-vis des TIC chez des sujets âgés de 45 à 79 ans porteurs d'une pathologie chronique afin de juger de la pertinence d'une prise en charge auprès de ces patients à l'aide de ces outils.

La population interrogée est âgée de 60 ans en moyenne et majoritairement féminine. Les patients sont essentiellement en inactivité professionnelle et appartiennent à la catégorie socio-professionnelle « Employé et personnel des services directs aux particuliers ». Ils sont reconnus comme souffrant d'une ALD, pour la majorité depuis plus de 5 ans et sont pris en charge pour obésité, diabète de type 2, BPCO et cancer, avec pour la plupart d'entre eux la présence de comorbidités cardiovasculaires.

##### Accès à Internet et utilisation des TIC

Nous avons formulé l'hypothèse que les patients étaient aussi bien équipés d'un accès Internet que la population générale. L'accès à Internet est en effet largement répandu et concerne plus de neuf patients sur dix. Les femmes, les patients âgés de plus de 65 ans et les ouvriers sont toutefois un peu moins bien équipés. Pour la majorité l'utilisation d'Internet est quotidienne et pour des raisons multiples, dont la recherche d'information et la communication. Ces résultats

sont en accord avec ceux de l'enquête réalisée par Gonzalez et al. en 2015 chez des personnes âgées de plus de 55 ans <sup>155</sup>. Les deux principales utilisations sont de rester informé et en contact avec la famille et les amis. Diaz-Prieto et Garcia-Sanchez (2016) ont étudié le profil d'utilisation d'Internet chez les personnes âgées de plus de 55 ans <sup>156</sup>. Comme dans notre étude, les e-mails et les navigateurs de recherche sont les services les plus utilisés. De plus, les hommes utilisent davantage et plus souvent Internet que les femmes. Enfin, plus l'âge est élevé moins les connaissances au sujet des ordinateurs et d'Internet sont étendues. Ainsi, comme dans notre étude, les auteurs observent un effet du sexe et de l'âge sur les connaissances, le taux d'équipement et d'utilisation d'Internet. Les barrières à l'utilisation des nouvelles technologies peuvent être classées dans 3 catégories liées, i) à la personne : le manque d'intérêt, la perception d'un manque de capacité, la perception de l'inutilité, la peur, l'anxiété, ii) au contexte : le manque d'appui technique, de formation, le coût élevé des technologies et iii) aux outils : confidentialité, vie privée, accessibilité et facilité d'utilisation. Pour les 55 – 70 ans, les barrières principales sont dues à la difficulté d'interagir avec les outils, particulièrement quand ils sont complexes. Dans notre étude, la question de la difficulté d'utilisation n'a pas été abordée. Néanmoins étant donné que 92% des patients ont accès à Internet et que 72% l'utilisent plusieurs fois par jour, nous émettons l'hypothèse que ces barrières sont négligeables.

Notre hypothèse principale était aussi que les patients ont une connaissance partielle des objets connectés. Dans notre étude, plus d'un patient sur deux affirme connaître ce qu'est un objet connecté. La montre et le smartphone sont, sans conteste, les plus cités. En revanche moins de la moitié des patients déclare posséder un objet connecté. Néanmoins, certains patients ont déclaré ne pas posséder d'objet connecté, alors qu'en réalité il en possédait un (ordinateur avec accès à Internet, smartphone).

Plus de la moitié des patients interrogés possède un smartphone. La principale utilisation est l'utilisation de base, à savoir communiquer. L'utilisation des applications mobiles concerne moins de la moitié des patients possédant un smartphone. De plus, les applications mobiles liées à l'AP ou à la santé sont très peu utilisées par ces patients alors qu'en 2017 il en existe plus de 325 000<sup>15</sup>. Est-ce par désintérêt, par méfiance vis-à-vis de ce type d'application, par crainte d'être surveillée, en raison de la difficulté liée au téléchargement ou encore parce qu'ils pensent que la prise en charge thérapeutique de leur maladie ne peut se faire que par l'intervention d'un professionnel de santé ?

---

<sup>15</sup> <http://research2guidance.com/325000-mobile-health-apps-available-in-2017/>

Dans leur revue systématique, Wang et al. (2014) se sont intéressés aux caractéristiques des interventions impliquant l'utilisation d'un smartphone dans la gestion de la maladie chronique [153](#). La quasi-totalité des interventions (15/16) montrent un effet significatif et positif de l'intervention. L'efficacité des interventions est due à la possession d'un smartphone et l'utilisation courante d'applications par les volontaires inclus dans ces études. Ainsi, les attitudes positives individuelles envers l'utilisation du smartphone ont une importance capitale dans l'efficacité d'une intervention. Le contenu des applications concernait principalement la gestion des symptômes, du traitement ou des activités quotidiennes. Par exemple, dans le cas du cancer, les applications concernaient principalement la gestion des effets secondaires de la chimiothérapie, alors que dans le cas du DT2, elles concernaient la gestion de la glycémie et des doses d'insuline. Les auteurs attirent néanmoins l'attention sur le fait que certaines maladies chroniques sont souvent associées à d'autres maladies, d'où la nécessité d'avoir une application mobile capable de prendre en compte des situations de maladies multiples.

#### Acceptation et réticence vis-à-vis de la e-santé

Notre seconde hypothèse était que les patients pourraient ne pas être réceptifs à l'idée d'utiliser les TIC dans le cadre de leur prise en charge médicale ou en AP. Dans un contexte non médical, 81% d'entre eux ont déjà interrogé Internet pour obtenir des informations relatives à la santé et c'est un premier pas dans l'acceptation des TIC au service de la santé. Par contre dans le cadre de leur parcours de soins et pour l'AP, seulement 51% et 45% des patients sont favorables à l'utilisation des TIC, respectivement. La e-santé est un concept encore récent que les patients ont eu du mal à définir, ce qui peut engendrer des craintes.

Parmi les raisons qui font que certains patients sont réticents à utiliser les TIC, on note essentiellement le manque d'intérêt pour ces outils et la peur que ce soit trop compliqué. De plus, ces patients pensent que cela serait trop contraignant et qu'ils seraient trop surveillés. L'aspect social entre aussi en jeu puisque certains patients soulignent que le contact humain reste un paramètre important. Enfin, la sécurité des données et la peur des transmissions d'informations par le biais d'Internet sont également des raisons qui sont évoquées.

Duplaga (2015) a enquêté des patients atteints de maladie chronique sur leur opinion concernant la capacité de la e-santé à les aider dans le suivi de leurs soins et dans la prise en charge de leur maladie [152](#). Les services étudiés étaient : l'accès au dossier médical, la prise de rendez-vous, le renouvellement d'une prescription, l'accès aux résultats d'examen, l'accès à des ressources d'éducation et la téléconsultation d'un médecin. Cette enquête a été complétée par 400 patients,

dont 64,2% étaient des femmes. Le pourcentage d'utilisateurs réguliers d'Internet est de 60,3%. Le taux d'acceptation de l'utilisation d'Internet pour accéder au dossier médical est de 60,7%. Ce taux est d'autant plus élevé que le patient était jeune, qu'il habite dans une zone urbaine, que le niveau d'éducation est élevé et qu'il est atteint d'une seule maladie. Notons que les patients, dont la maladie est installée depuis 5 à 10 ans, sont moins enclins à accepter l'utilisation d'Internet pour accéder au dossier médical que ceux dont la maladie est plus récente. Ce taux d'acceptation est également lié à l'utilisation d'Internet ainsi qu'à la perception de l'utilité d'Internet dans la prise de décision vis-à-vis de la santé. Les patients, dont le niveau de perception d'utilité est élevé, ont un taux d'acceptation six fois plus grand que les patients dont le niveau est faible. Ainsi l'auteur conclut que le meilleur indicateur d'acceptation de la e-santé est la perception de l'utilité d'Internet. Autrement dit l'intérêt que l'individu porte à Internet serait la pierre angulaire de l'acceptation de la e-santé chez les personnes ayant une maladie chronique. Les résultats de l'enquête de Duplaga (2015) sont en accord avec nos résultats puisque la majorité des patients inclus dans notre étude (71%) sont inscrits en ALD et qu'ils sont pour moitié réticents à l'utilisation d'Internet dans le cadre du parcours de soins.

Dans le cadre du développement d'une solution mobile de télé-réhabilitation (Télé-Mouv) Bughin et al. (2017) <sup>157</sup> ont étudié les points-clés et les freins associés à l'adhésion et à l'utilisation d'une solution numérique dans le cadre de leur prise en charge thérapeutique. Les résultats de cette étude montrent que les points-clés pour l'adhésion à la solution numérique sont la personnalisation du programme, le côté rassurant de celui-ci, la réception de conseils en temps réel et enfin la mise en relation avec un réseau de professionnels de santé. Les freins identifiés sont le coût associé au dispositif et le nombre de notifications. Les auteurs soulignent l'importance d'étudier la fréquence de notifications en amont, pour éventuellement la personnaliser. Enfin, les auteurs précisent que le port régulier d'objet connecté n'est pas un frein réel à l'adhésion et à l'utilisation d'un dispositif numérique. Néanmoins, cela pourrait représenter une source future de démotivation sur le long terme.

Un point méthodologique diffère entre l'étude de Bughin et al. et la nôtre. Dans l'étude de Bughin et al., le dispositif Télé-mouv a été présenté à chaque patient à l'aide d'une vidéo. En revanche, dans notre étude, aucune présentation d'un dispositif numérique n'a été effectuée. Entre ces deux études, certains résultats sont communs et d'autres sont divergents. Parmi les résultats communs identifiés, l'accompagnement personnalisé, les conseils et les propositions d'AP sont considérés comme des atouts favorables associés à l'utilisation des TIC. Les freins communs aux deux études sont le port régulier d'objet connecté perçu comme contraignant et

l'idée de surveillance. Les divergences entre l'étude de Bughin et al. et la nôtre, portent sur le coût associé à l'utilisation des TIC. En effet, ce coût est caractérisé de moyennement gênant à très gênant pour plus de 90% des patients interrogés dans l'étude Télé-Mouv [157](#). Dans notre étude, 33% des patients défavorables, soit au total 6% de l'ensemble des patients interrogés, évoquent également la raison financière. De plus, contrairement à notre étude, la transmission des données n'est pas perçue comme gênante dans l'étude de Bughin et al. (2017) [157](#). Enfin, les patients interrogés semblent plutôt favorables à l'utilisation de Télé-Mouv [157](#). Alors que dans notre étude, seulement un patient sur deux se dit prêt pour la e-santé, l'autre moitié est plutôt perplexe quant au dispositif utilisé et à la plus-value de celui-ci. Il semble alors qu'une présentation du service proposé soit une étape-clé préliminaire dans l'adhésion à la e-santé.

Une autre étude confirme l'importance d'une formation en amont de l'utilisation des TIC pour favoriser l'adhésion à ces outils. Mercer et al. (2016) ont étudié la facilité d'utilisation et l'utilité de capteurs d'AP connectés par des personnes de plus de 50 ans et ayant une maladie chronique [158](#). A l'issue de chaque test, l'ensemble des participants ont rempli un questionnaire fondé sur le modèle d'acceptation des technologies afin d'évaluer leur utilisation des capteurs. Dans ce modèle, les deux points clés de l'acceptation des technologies sont la perception de l'utilité et de la facilité d'utilisation. Les quatre capteurs testés sont moyennement acceptés. Les raisons de l'acceptation ou du rejet des capteurs ont été analysées. Le manque d'instructions est identifié comme étant une barrière majeure à l'acceptation de ces outils. De plus, le savoir-faire technique est considéré comme une forme d'auto-efficacité influençant la perception de la facilité d'utilisation et les attitudes vis-à-vis de cette utilisation. Autrement dit la connaissance de ces outils est un point clé de l'acceptation et de l'utilisation de ceux-ci. La deuxième raison concerne la prise de conscience de l'utilité d'un capteur pour mesurer l'atteinte de l'objectif comportemental. L'un des points essentiels est l'intention de comportement. En effet, si un individu veut faire un choix de mode de vie actif, il sera plus à même de percevoir l'utilité des capteurs, ce qui par conséquent augmente l'intention de l'utiliser et l'acceptation de celui-ci. La troisième raison est liée à l'information recueillie sur le comportement grâce au capteur. Les participants étaient intéressés par le retour d'information fourni par le capteur, qui a été une source de motivation pour changer de comportement. Cette raison rejoint la précédente sur la nécessité d'avoir un objectif et de quantifier l'écart entre ce dernier et le comportement réel. Enfin la quatrième raison est la possibilité d'intégrer le capteur dans la prise en charge thérapeutique. Les réponses étaient globalement variées, mais une idée commune est ressortie, à savoir la nécessité d'optimiser la promotion des capteurs d'AP pour améliorer la santé des

patients. De plus, plusieurs participants aimeraient que ces outils soient disponibles en pharmacie et non pas dans les magasins d'électroménagers. De cette façon, les patients pourraient être formés par un professionnel de santé. Ainsi, ces outils ont été perçus comme utiles pour faire prendre conscience et motiver les patients de plus de 50 ans. La formation à l'utilisation de ces outils et à l'interprétation des données a été considérée comme essentielle.

Okumus et al. (2018), ont étudié chez des adultes de plus de 18 ans, au moyen de la Théorie Unifiée de l'Acceptation et de l'Utilisation des Technologies (UTAUT), l'effet de différents facteurs psychologiques sur l'intention d'utiliser une application mobile, ici nutritionnelle [159](#). Ils ont également évalué le poids des facteurs personnels pouvant modérer ces effets. La UTAUT est un modèle théorique incluant les principales variables de diverses théories telles que le modèle d'acceptation des technologies, la théorie de l'action raisonnée et la théorie du comportement planifié dont nous avons déjà parlées. Dans leur modèle adapté à l'intention d'utiliser une application mobile nutritionnelle (Figure 24), les auteurs émettent les hypothèses suivantes :

- Hypothèse 1 (H1) : La performance attendue (efficacité de l'application à guider l'utilisateur dans ses choix alimentaires) influence l'intention d'utiliser une application mobile
- Hypothèse 2 (H2) : L'effort d'utilisation attendu (facilité d'utilisation) influence l'intention d'utiliser une application mobile
- Hypothèse 3 (H3) : L'influence sociale (perception de l'avis de l'entourage quant à la pertinence d'utiliser une application) joue sur l'intention d'utiliser une application mobile
- Hypothèse 4 (H4) : Les conditions de facilitation (infrastructure technique et organisationnelle, conseils, soutien) influencent l'intention d'utiliser une application mobile
- Hypothèse 5 (H5) : Le caractère néophile (réceptif aux nouvelles idées, la curiosité d'expérimenter) influence l'intention d'utiliser une application mobile
- Hypothèse 6, 7, 8 et 9 (H6, H7, H8 et H9) : Le caractère néophile modère l'effet de la performance attendue, de l'effort d'utilisation, de l'influence sociale et des conditions de facilitation sur l'intention d'utiliser une application mobile.

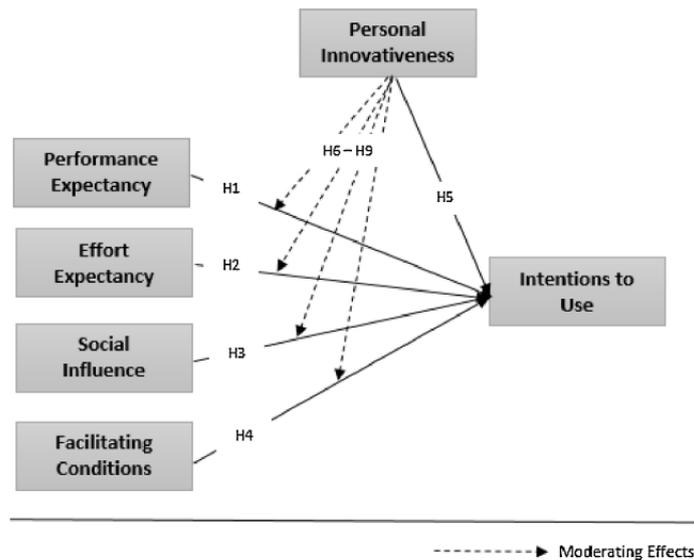


Figure 24 : Modèle théorique de la UTAUT adaptée à l'utilisation d'une application mobile nutritionnelle.  
 Figure extraite de Okumus et al. (2018)<sup>159</sup>

L'analyse des données montre que l'influence sociale (H3) est la variable la plus forte pour générer l'intention d'utiliser cette application mobile. La performance attendue (H1), le caractère néophile (H5) et enfin l'effort d'utilisation attendu (H2) sont aussi des variables influentes. Ces quatre variables ont un effet positif significatif et expliquent 49.6% de la variation de cette intention (Figure 25). En revanche, les conditions de facilitation (H4) n'ont pas d'effet sur l'intention d'utiliser cette application mobile.

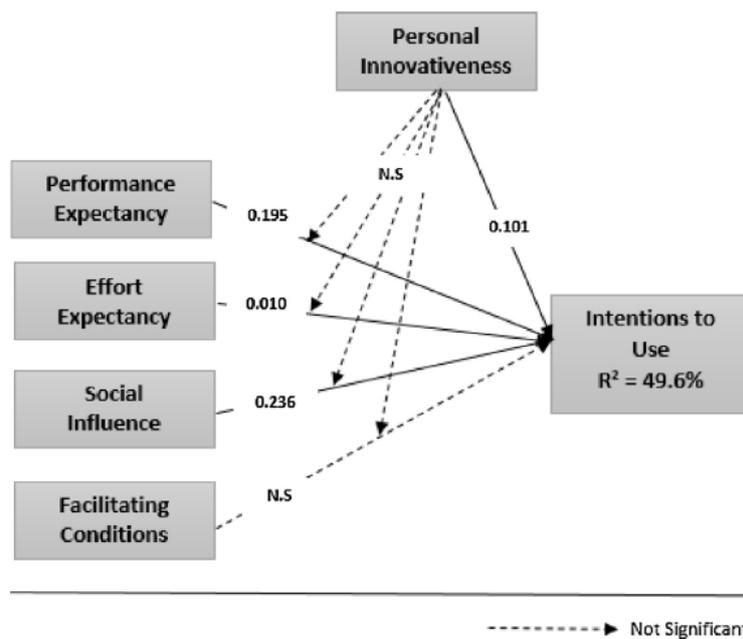


Figure 25 : Influence des variables sur l'intention d'utiliser une application mobile  
 Figure extraite de Okumus et al. (2018)<sup>159</sup>

Une analyse complémentaire montre que les effets de la performance attendue et de l'influence sociale sont différents selon le sexe. Ces effets sont plus grands chez les hommes. Enfin les auteurs concluent que l'influence sociale et la performance qu'un individu attend d'une application sont les meilleurs prédicteurs de l'intention d'utiliser une application mobile.

#### Forces et limites de notre étude

Le point fort de notre étude réside dans le fait d'avoir interrogé des patients porteurs de pathologies chroniques. En effet, ils représentent la population-cible susceptible d'utiliser les TIC dans le parcours de soins puisque l'âge correspond à la survenue des pathologies chroniques en France. L'intérêt de cette étude est de connaître les connaissances et les usages réels des TIC de cette population-cible afin d'adapter au mieux les systèmes de e-santé aux besoins de ces patients.

Notre étude présente certaines limites. En effet, les patients souffrant de maladies cardiovasculaires n'ont pas pu être étudiés. Ces maladies sont la première cause de mortalité dans le monde. Néanmoins, une grande majorité des patients de l'étude présentent des comorbidités cardiovasculaires.

En conclusion, nos résultats montrent que l'utilisation d'Internet est un moyen largement utilisé par les patients pour rechercher de l'information sur la santé. Toutefois la prise en charge que ce soit pour la santé ou l'AP par les nouvelles technologies ne fait pas consensus. En effet seule la moitié des participants est favorable quant à ce type de prise en charge. Les autres participants sont soit indécis soit complètement défavorables. Ce n'est pas par manque d'outils car les patients sont équipés d'ordinateur, de tablette et de smartphone connectés mais plutôt par crainte d'avoir des difficultés à utiliser les nouveaux outils et d'être surveillés, et en conséquence d'être jugés et peut être davantage contraints dans leurs choix comportementaux.

Pour augmenter l'acceptation des prises en charge au moyen des TIC, il apparaît donc nécessaire d'interroger les patients sur leurs attentes quant aux performances de l'application. Il sera ensuite indispensable de développer un dispositif adapté à la population ciblée, et que cette population soit formée, éduquée et rassurée quant à l'utilisation de ces outils. De plus, une formation supervisée par un professionnel de santé semble l'option la plus pertinente pour optimiser l'acceptation des TIC dans le parcours de santé ou pour la promotion de l'AP et/ou l'éducation à l'AP.

Ainsi dans les chapitres suivants, nous testerons l'influence d'une prise en charge en AP associée à l'utilisation d'un podomètre et celle d'un dispositif numérique complet de promotion de l'AP sur les intentions et les motivations à pratiquer l'AP et sur les perceptions de l'état de santé, et les comportement sédentaires et actifs.

---

Chapitre 2 : Etude Motivactif.  
Impact d'un réentraînement et d'un podomètre  
sur l'évolution de la pratique de l'activité  
physique chez des patients atteints de maladie  
chronique

---

## I. Objectif

Comme nous avons pu l'expliquer auparavant, les patients atteints d'une maladie chronique et inactifs glissent progressivement dans le cercle vicieux du déconditionnement physique. Des structures spécialisées telles que les centres hospitaliers et les cliniques de réadaptation proposent des programmes d'AP supervisées sur le court et le moyen terme afin de remettre à l'AP ces patients. Mais le maintien de l'AP sur le long terme reste un enjeu majeur. Il existe peu d'études ayant mesuré le niveau d'AP au-delà d'un programme d'AP supervisé. Dans le travail de Carmody et al. (1980), le suivi de patients atteints d'une pathologie cardiaque, montre qu'un an après la réhabilitation cardiaque seulement 50% des patients ont maintenu le niveau d'AP recommandé <sup>160</sup>. De plus la majorité des abandons surviennent dans les trois premiers mois.

L'AP est un comportement complexe influencé par de nombreux facteurs comme les croyances et motivations personnelles, les pressions de l'entourage, la santé, l'environnement, le niveau socio-économique etc.... Ainsi, nous avons évalué l'impact d'une prise en charge thérapeutique par l'AP de 3 mois et d'un podomètre sur les comportements, les motivations et la perception de l'état de santé des patients. Comme nous l'avons exposé auparavant, certains déterminants sont essentiels dans la décision de maintenir la pratique d'une AP. Parmi eux, l'intention d'avoir un comportement actif fondé sur le modèle transthéorique ainsi que les motivations décrites par la théorie de l'auto-détermination ont été prises en compte dans notre étude.

L'arthrose est la comorbidité la plus fréquente au sein de notre population. Les douleurs articulaires et la peur de les aggraver sont souvent à l'origine d'une diminution de l'AP. Ainsi il est indispensable d'évaluer l'intensité des douleurs articulaires, au cours de la vie quotidienne comme pendant l'AP. Le temps de dérouillage matinal est le temps nécessaire au réveil pour diminuer la raideur ressentie dans les articulations après la nuit. Cette notion est un indicateur de l'atteinte fonctionnelle au niveau articulaire. Enfin, l'auto-efficacité perçue peut influencer le comportement, et a été prise en compte dans notre étude. Cette notion, décrite initialement par Bandura, est fondée sur les croyances qu'a un individu en ses capacités de réalisation d'une tâche donnée. Ce concept d'auto-efficacité a été adapté à la gestion des douleurs articulaires.

Enfin, comme nous l'avons exposé précédemment, il est démontré que l'AP améliore le bien-être, la qualité de vie physique et mentale, la qualité du sommeil et diminue l'anxiété <sup>14</sup>. Ces variables ont été également étudiées.

L'objectif principal de cette étude est de déterminer si non seulement le stade de prise en charge thérapeutique par l'AP, mais aussi la classe d'âge et le sexe influencent le profil du patient, c'est à dire son intention de changement de comportement, ses motivations vis-à-vis de l'AP, la perception de son état de santé, ses douleurs articulaires, sa qualité de vie et ses comportements actif et sédentaire. Ainsi, nous avons caractérisé les profils des patients avant la prise en charge ou 12 mois et 24 mois après la prise en charge. Les objectifs secondaires sont i) d'étudier l'évolution des profils des patients à court et moyen terme (3 et 6 mois) et ii) d'étudier l'efficacité du podomètre pour maintenir l'AP.

Notre hypothèse est que le réentraînement de trois mois est efficace pour améliorer les intentions, les motivations, l'état de santé et les comportements sédentaires et actifs. La fin du programme et le retour à la vie quotidienne pourrait s'accompagner d'une baisse de la motivation se traduisant par une diminution du niveau d'AP, une détérioration de l'état de santé et de la qualité de vie. De plus, la seconde hypothèse est que la remise d'un podomètre pourrait aider à prendre conscience du niveau d'AP dans la vie quotidienne. Il pourrait donc permettre d'accompagner les patients dans leur démarche de changement de comportement vis-à-vis de l'AP.

## II. Matériels et méthodes

### II.1 La population de l'étude

La population interrogée dans cette enquête est la même population que l'étude précédente, à savoir des patients atteints d'obésité, de diabète de type 2, de BPCO ou d'un cancer, suivant ou ayant suivis, un réentraînement supervisé de 3 mois (Chapitre 1. III.1 p92).

### II.2 Protocole expérimental

Les patients ont été recrutés à différents stades de leur prise en charge. Le groupe 1 ou « m0 » est composé des patients interrogés avant le début de leur prise en charge. Les groupes 2 et 3 ou « m12 » et « m24 » sont composés des patients interrogés lors de la visite de suivi un an ou deux ans après la prise en charge.

L'enquête de caractérisation des profils comportementaux (changement de comportement, AP et sédentarité), motivationnels et de l'état de santé a été complétée lors d'un entretien individuel en face-à-face. Les patients du groupe 1 ont rempli l'enquête à trois reprises, à 3 mois d'intervalle (T0, T0+3mois, T0+6mois). La première enquête a été remplie lors de l'inclusion, c'est-à-dire au début du programme de réentraînement (T0). Elle a ensuite été réalisée une

deuxième fois 3 mois plus tard à la fin du programme (T3) puis une troisième fois lors de la visite de suivi (T6) (Figure 26). Les patients des groupes 2 et 3 ont rempli cette enquête à deux reprises à 6 mois d'intervalle (T0 et T6).

A l'issue de la première enquête, nous avons remis aux patients un podomètre connecté ou un podomètre classique selon la possession d'un smartphone compatible (iOS 8.0 et Android 4.3 ou version ultérieure) ou non. Le podomètre connecté est « l'Activi-T Band » de la marque Terraillon®. Le podomètre classique est un podomètre de la marque Nakosite®. Dans cette étude, cet outil n'est pas considéré comme un outil de mesure de l'AP mais comme un outil motivationnel et un support de prise de conscience du comportement. Le podomètre classique permet de suivre le nombre de pas effectués par jour. Le podomètre connecté permet en plus de suivre la distance parcourue, la dépense énergétique associée et d'avoir un historique de ces données par semaine, par mois voire par année via l'application mobile « Motivactif » développée spécifiquement par la société Biomouv. La communication entre le podomètre et le smartphone s'effectue via la technologie bluetooth 4.0.

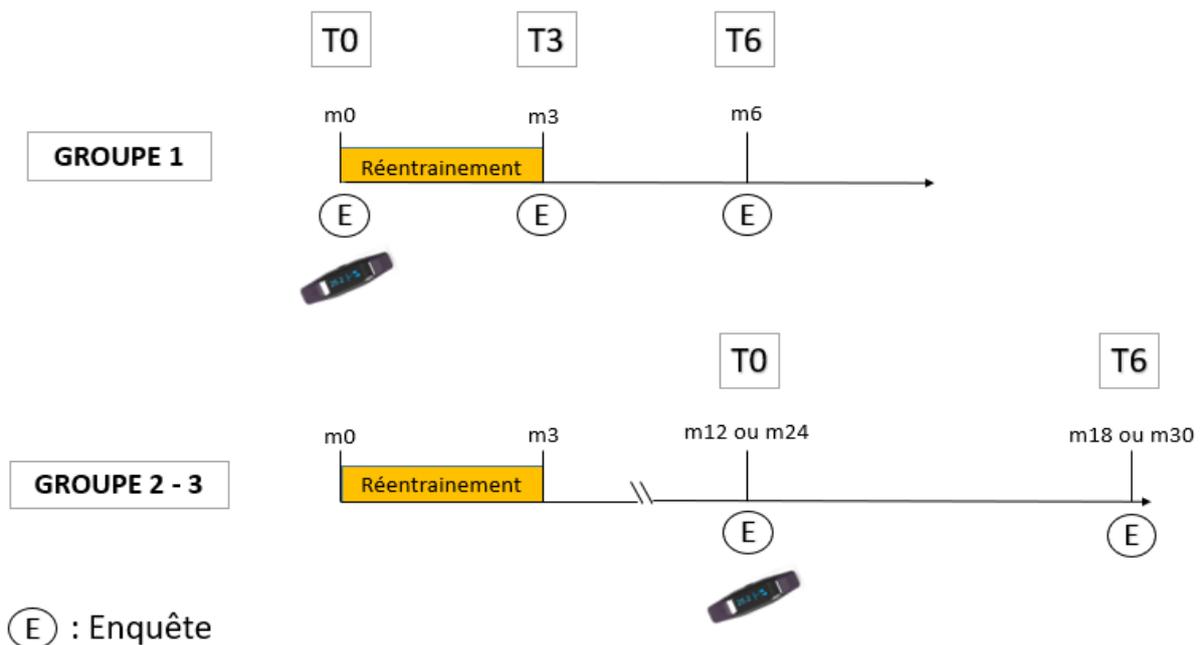


Figure 26 : Schéma expérimental de l'étude

## II.3 Enquête de caractérisation des intentions, motivations, de l'état de santé et des comportements actif et sédentaire

### II.3.1 Les données anthropométriques et la condition physique

Les données de poids (kg) et de la taille (m) sont auto-déclarées par les patients. A partir de celles-ci, l'IMC ( $\text{kg.m}^{-2}$ ) est calculé. Pour compléter les données anthropométriques, nous

avons utilisé les données de composition corporelle et de capacité physique acquises lors de la prise en charge en AP du CHU. La composition corporelle et le test de marche de 6 minutes sont réalisés à chaque visite de suivi dans le cadre de la prise en charge thérapeutique par l'AP. Ainsi, trois mesures correspondant à T0, T3 et T6 sont disponibles pour le groupe 1 mais une seule (T0) l'est pour les groupes 2 et 3. En effet le 2<sup>ème</sup> temps d'enquête ne correspondait pas à une visite de prise en charge (T6, Figure 26).

La composition corporelle a été mesurée par impédancemétrie à l'aide du BodyStat Quadscan 4000. Une évaluation de la capacité aérobie a également été effectuée à l'aide du test de marche de 6 minutes [161](#), [162](#).

### II.3.2 Les intentions et les motivations vis-à-vis de l'activité physique

La mesure des intentions vis-à-vis de la pratique de l'AP est fondée sur le modèle transthéorique (MTT) du changement de comportement décrit par Prochaska. Ce modèle a notamment été utilisé lors de la conception d'une intervention en AP par Marcus et al. (1992) [163](#).

Les patients doivent choisir l'une des six situations proposées en fonction de leur intention ou leur pratique d'une AP (*Annexe 5 – Partie A.1*). Chacune de ces situations correspond à un stade de changement de comportement, à savoir pré-contemplation, contemplation, préparation, action, maintien et rechute. L'objectif est alors de situer le patient dans l'un des six stades décrits par Prochaska afin de connaître les intentions du patient quant à la réalisation de l'AP. Pour le traitement de cette variable, nous avons associé le stade de pré-contemplation au score 1, le stade de contemplation au score 2, le stade de préparation au score 3, le stade d'action au score 4 et enfin le stade de maintien au score 5. Le stade de rechute est associé quant à lui au score 0.

L'évaluation des motivations est effectuée à l'aide du "Behavioral Regulation in Exercise Questionnaire 2" (BREQ 2) élaboré et validé par Markland et Tobin (2004) (*Annexe 5 – Partie A.2*) [164](#). Ce questionnaire est fondé sur la théorie de l'auto-détermination et permet de mesurer l'importance de cinq types de régulation de la motivation, à savoir l'amotivation, la régulation externe, la régulation introjectée, la régulation identifiée et la régulation intrinsèque (Figure 10 page 51). Rappelons que ces régulations se répartissent le long du continuum de l'autodétermination du moins (amotivation) au plus autodéterminé (intrinsèque). Au sein de ces motivations, on distingue les motivations contrôlées (externe et introjectée) et autonomes (identifiée et intrinsèque).

Pour chacune des 19 situations proposées dans le BREQ 2, les patients doivent noter le degré de concordance avec « 0 » lorsque la phrase indiquée n'est pas du tout adéquate dans leur cas, et à l'inverse « 4 » lorsque celle-ci est totalement en accord. Chaque situation est associée à un type de régulation. Ainsi, la somme des scores (de 0 à 4) de chaque question associée à un type de régulation indique le niveau de celle-ci. L'amotivation, la régulation externe, identifiée et intrinsèque sont chacune associées à quatre items. Ainsi le score total de ces régulations varie de 0 à 16. Seule la régulation introjectée, dont le score varie de 0 à 12, est évaluée par trois items.

### II.3.3 Les douleurs articulaires et l'auto-efficacité pour les gérer

L'intensité des douleurs articulaires est évaluée à l'aide d'une Echelle Numérique<sup>16</sup>. Sur cette échelle, allant de 1 à 10, les patients doivent quantifier le niveau des douleurs articulaires moyen sur les sept derniers jours. « 1 » indique une absence de douleur, et « 10 » une douleur intolérable (*Annexe 5 - Partie B*). Les patients ont quantifié l'intensité des douleurs articulaires pendant la vie quotidienne et pendant l'AP. Ils ont également renseigné le temps qu'il leur fallait le matin pour « dérouiller » leurs articulations. Enfin, l'auto-efficacité perçue a été évaluée en utilisant une sous-partie du questionnaire "Arthrosis Self-Efficacy Scale" (Bareyre et al. en soumission). Cette sous-partie inclut cinq questions sur les capacités du patient à pouvoir gérer ses douleurs chroniques. Cette capacité est notée sur une échelle de 0 à 4, où « 0 » indique que le patient est incapable de gérer ses douleurs et où le « 4 » indique qu'il en est tout à fait capable.

### II.3.4 La perception générale de la santé

La perception de la santé est évaluée à l'aide du questionnaire validé par Garnier et al. (2013)<sup>165</sup>. Ce questionnaire inclut six questions d'auto-évaluation de la condition physique, du poids, de l'équilibre alimentaire, de la qualité du sommeil, du niveau de stress et de la santé en général (*Annexe 5 – Partie C*). Pour chaque question, le patient doit noter sa perception à l'aide d'une échelle en 5 points (de 1 à 5). Pour la condition physique, le score « 1 » indique une très mauvaise condition physique, à l'inverse « 5 » indique une excellente condition physique. Pour le poids, « 1 » indique que le patient se perçoit comme étant trop mince, à l'inverse « 5 » indique la perception d'un excès de poids. Pour l'équilibre alimentaire, « 1 » et « 5 » indiquent que le patient pense manger de façon déséquilibrée et équilibrée, respectivement. Pour la qualité du sommeil, « 1 » indique le patient dort très mal et « 5 » indique qu'il dort très bien. Pour le

---

<sup>16</sup> [https://www.chu-toulouse.fr/IMG/pdf/clud\\_echelles\\_autoevaluations\\_douleur.pdf](https://www.chu-toulouse.fr/IMG/pdf/clud_echelles_autoevaluations_douleur.pdf)

niveau de santé générale, « 1 » et « 5 » correspondent respectivement à un niveau très mauvais et très bon. Enfin, pour le stress, « 1 » indique que le patient se sent très stressé et à l'inverse, « 5 » indique qu'il se sent très détendu.

### II.3.5 La qualité de vie

La qualité de vie a été évaluée à l'aide de la version 2 du questionnaire SF12 [166](#). Ce questionnaire est composé de 12 questions représentant les huit domaines les plus pertinents pour décrire et évaluer la qualité de vie (*Annexe 5 – Partie D*). Chaque réponse est associée à un score permettant de mesurer les composantes physique (PCS) et mentale (MCS) de la qualité de vie. Le prétraitement des scores est présenté dans l'*Annexe 5 – Partie D* [166](#). Les scores moyens de référence dans une population adulte saine sont 54,7 et 53,3 pour PCS et MCS, respectivement.

### II.3.6 L'activité physique

L'évaluation de l'AP a été effectuée à l'aide du RPAQ (*Annexe 5 – Partie E*) [145](#). Ce questionnaire est composé de 18 questions. Les patients doivent renseigner le temps moyen passé devant un écran (TV, ordinateur, tablette) et le temps moyen passé assis pour des activités sans écran au cours des quatre dernières semaines. S'ils ont une activité professionnelle, ils renseignent le type de travail (sédentaire, debout, manuel ou très manuel) et le nombre d'heures travaillées par semaine. Ils renseignent également l'ensemble des AP de loisirs pratiquées au cours des quatre dernières semaines. Pour cela, ils indiquent l'activité, la fréquence et la durée moyenne de chaque activité. Enfin, ils indiquent le moyen de transport privilégié ainsi que la durée moyenne des trajets pour aller au travail (s'ils ont une activité professionnelle), des trajets quotidiens, des trajets pour les loisirs et les trajets d'accompagnement. Ainsi, le RPAQ permet de mesurer l'AP domestique (tâches ménagères), l'AP au travail, l'AP pour se déplacer, les AP de loisirs et la durée de sédentarité. Ce questionnaire permet aussi de différencier les activités de la semaine et du week-end. Pour chaque catégorie d'activité, nous avons transformé les temps exprimés en minutes, très variables d'un patient à l'autre, en pourcentage du temps total déclaré par ce patient afin de pouvoir faire des comparaisons.

## II.4 Les analyses statistiques

### II.4.1 Analyses statistiques sur les trois groupes lors de la première enquête

Nous avons d'abord fait des analyses statistiques pour comparer les trois groupes sur les données de l'enquête initiale. L'hypothèse est que le groupe de suivi (1, 2 ou 3), le sexe (Homme ou Femme) ou la classe d'âge (45 – 54 ans, 55 – 64 ans ou plus de 65 ans) influence

les intentions, les motivations, les douleurs articulaires, l'auto-efficacité perçue, la perception de la santé, la qualité de vie ou l'AP. Pour cela nous avons effectué des tests du khi-deux sur les variables qualitatives.

Pour les variables quantitatives, nous avons effectué des analyses de la variance de type GLM (General Linear Model) avec le logiciel SAS (version 9.4) en choisissant la décomposition des sommes des carrés de type III adaptée aux plans d'expérience déséquilibré. Nous avons utilisé le modèle qui teste l'effet de la classe d'âge, du sexe et du groupe par rapport à l'erreur. Lorsqu'un effet est significatif, la comparaison des moyennes avec l'option "LSmeans" a été faite. Le podomètre a été remis à des moments distincts de la prise en charge dans les différents groupes mais toujours après la première enquête : pour certains en même temps que le réentraînement en AP (groupe 1) et pour d'autres 12 ou 24 mois après le début de la prise en charge (groupes 2 et 3). Pour le groupe 1, l'effet du réentraînement et du podomètre sont cumulés et confondus. Pour les groupes 2 et 3, les effets des 2 dispositifs sont successifs. L'effet du podomètre pourrait donc être distinct dans les 3 groupes.

#### II.4.2 Analyses statistiques réalisées sur le groupe 1 à T0, T3 et T6.

Ensuite, nous avons étudié spécifiquement l'évolution du groupe 1 au cours du temps (T0, T3 et T6). L'hypothèse est que les comportements, les motivations et l'état de santé du groupe ont évolué au cours du temps, et que ces évolutions peuvent être différentes selon le sexe et la classe d'âge. La comparaison de plusieurs caractéristiques comportementales, motivationnelles et d'état de santé au cours du temps correspond à une situation de mesures répétées. Nous avons utilisé un modèle d'analyse de la variance à deux facteurs (classe d'âge et sexe) en mesures répétées. Quand l'hypothèse de sphéricité est respectée, il est possible d'utiliser un modèle d'analyse de la variance univariée où la classe d'âge et le sexe des patients sont les effets inter-sujets et le temps et ses interactions avec la classe d'âge et le sexe sont les effets intra-sujets. Il est possible de tester l'hypothèse de sphéricité en utilisant le critère de Mauchly et d'appliquer des corrections <sup>167</sup>. Toutefois, quand le critère de Mauchly est hautement significatif, il est préférable d'utiliser une MANOVA dans laquelle les différents temps sont les variables de l'analyse <sup>168</sup>. Lorsque qu'un effet intra-sujet (temps\*sexe ou temps\*classe d'âge) était significatif, une analyse de la variance avec mesure répétée pour chacune des variables (sexe ou classe d'âge) a été effectuée. Enfin, une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée afin de représenter l'ensemble des variables quantitatives dans le plan principal en fonction de leur corrélation avec les axes. Cette analyse a été effectuée sur les moyennes des

variables de chacun des sexes évalués à T0, T3 et T6 mois. Les 6 groupes de patients sont visibles également sur le plan principal.

#### II.4.3 Analyses statistiques effectuées sur les trois groupes évalués à 6 mois d'intervalle

Finally, nous avons comparé les trois groupes à T0 et T6. L'hypothèse est que les variables évoluent, quel que soit le groupe d'étude et que cette évolution peut être différente selon le groupe. Nous avons effectué une analyse de la variance avec un modèle emboîté afin de prendre en compte la variabilité interindividuelle au sein de chaque groupe. Le modèle d'analyse de la variance se décompose suivant deux facteurs et leur interaction : le groupe de suivi et le temps. L'effet du groupe a été testé par rapport à la variabilité individuelle. Les effets du temps et de l'interaction temps\*groupe ont été testés par rapport à l'erreur du modèle.

### III. Résultats

#### III.1 Effet initial du groupe, du sexe et de la classe d'âge sur les intentions de changement de comportement, les motivations, l'état de santé et le comportement actif et sédentaire

Les effectifs des trois groupes ne sont statistiquement pas différents avec respectivement 32, 25 et 21 patients dans les groupes 1, 2 et 3 respectivement ( $\chi^2 = 2,38$  ;  $p = 0,5$ ). Le Tableau 10 présente les caractéristiques de la population selon le groupe. Il n'y a pas de différence d'effectif entre les groupes en ce qui concerne la répartition selon le sexe, la classe d'âge, la présence d'une ALD, l'inactivité professionnelle ou la catégorie socio-professionnelle actuelle ou passée. En revanche, nous observons une répartition différente des pathologies suivant les groupes. Les diabétiques de type 2 sont plus nombreux dans les groupes 2 et 3, les patients atteints de BPCO sont plus nombreux dans les groupes 1 et 2 et les patients atteints d'un cancer sont uniquement dans le groupe 1. Cette répartition est due à une prise en charge récente des patients atteints d'un cancer et d'une BPCO dans le service de médecine du sport.

| Catégorie                  | Groupe 1 (%) | Groupe 2 (%) | Groupe 3 (%) | $\chi^2$ | p     |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|----------|-------|
| Homme                      | 41           | 40           | 24           | 1,83     | 0,40  |
| Femme                      | 59           | 60           | 76           |          |       |
| 45 -54 ans                 | 34           | 36           | 19           | 4,60     | 0,33  |
| 55 - 64 ans                | 38           | 44           | 33           |          |       |
| > 65 ans                   | 28           | 20           | 48           |          |       |
| Inactivité professionnelle | 75           | 68           | 76           | 0,49     | 0,78  |
| Activité                   | 25           | 32           | 24           | 11,50    | 0,07  |
| Chômage                    | 19           | 0            | 9,5          |          |       |
| Arrêt Maladie              | 9            | 32           | 9,5          |          |       |
| Retraite                   | 47           | 36           | 57           |          |       |
| Employé                    | 66           | 68           | 67           | 7,95     | 0,63  |
| Artisan                    | 3            | 12           | 10           |          |       |
| Cadre                      | 16           | 4            | 14           |          |       |
| Profession intermédiaire   | 6            | 12           | 0            |          |       |
| Ouvrier                    | 6            | 4            | 10           |          |       |
| Agriculteur                | 3            | 0            | 0            |          |       |
| En ALD                     | 66           | 76           | 71           | 0,74     | 0,69  |
| Obésité                    | 44           | 44           | 57           | 20,16    | 0,003 |
| DT2                        | 9            | 36           | 38           |          |       |
| BPCO                       | 22           | 20           | 5            |          |       |
| Cancer                     | 25           | 0            | 0            |          |       |

Tableau 10 : Les caractéristiques globales des patients selon le groupe d'étude

### III.1.1 Les données anthropométriques

L'analyse de variance montre que le poids et l'IMC sont similaires entre les trois classes d'âge, entre hommes et femmes, et entre les groupes de suivi (92 kg, 100 kg et 90 kg ;  $F = 1,57$ ,  $p = 0,18$  ; 33,3 kg.m<sup>-2</sup>, 35,6 kg.m<sup>-2</sup> et 34,5 kg.m<sup>-2</sup> ;  $F = 1,68$ ,  $p = 0,15$ , respectivement).

Les pourcentages de masse grasse et de masse maigre sont influencés par le sexe ( $F = 61,07$  ;  $p < 0,0001$  et  $F = 65,02$  ;  $p < 0,0001$ ) et la classe d'âge ( $F = 4,33$  ;  $p = 0,019$  et  $F = 4,68$  ;  $p = 0,014$ ). Les femmes ont une masse grasse plus élevée (46,9% vs 31,7%) et une masse maigre plus faible (53,9% vs 69,2%) que les hommes. Les patients les plus jeunes ont un pourcentage de masse grasse similaire à celui des patients les plus âgés (42,5% et 39,2%, respectivement), mais différent de celui des patients âgés de 55 à 64 ans (36,1%). Le profil pour le pourcentage de masse maigre est similaire, à la différence que les plus jeunes ont un pourcentage de masse maigre (58,3%) significativement inférieur à celui des patients âgés de 55 à 64 ans (64,9%). Rappelons que les femmes de notre étude sont plus souvent atteintes d'obésité (58%) que des trois autres pathologies, et que les hommes sont atteints en proportion équivalente d'obésité, de diabète de type 2 et de BPCO (30% pour chacune des pathologies) mais très peu du cancer ( $F$

= 10,6,  $p = 0,01$ ). La classe la plus jeune de notre étude est composée majoritairement de patients obèses (70%,  $F = 12,5$ ,  $p = 0,05$ ). C'est pour cette raison que la masse grasse (%) est plus élevée à la fois chez les femmes et dans cette classe jeune.

### III.1.2 La capacité physique d'endurance

Le test de marche est influencé tendanciellement par le groupe de suivi et le sexe. Le groupe 1 parcourt une distance (502 m) équivalente au groupe 3 (532 m) mais légèrement inférieure au groupe 2 (553 m,  $F = 1,98$ ,  $p = 0,09$ ).

La distance parcourue en 6 minutes est tendanciellement influencée par le sexe ( $F = 3,26$  ;  $p = 0,07$ ). Les femmes parcourent une distance plus faible (510 m) que les hommes (549 m). Notons que les vitesses de marche (Femme :  $1,4 \text{ m.s}^{-1}$  et Homme :  $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ ) sont supérieures au seuil de limitation fonctionnelle ( $0,8 \text{ m.s}^{-1}$ ).

### III.1.3 Le stade de changement comportemental

Nous avons d'abord comparé le stade de Prochaska dans les trois groupes. Le stade de changement de comportement est différent selon le groupe ( $\chi^2 = 35,4$  ;  $p < 0,0001$ ). Les patients du groupe 1 sont davantage au stade de contemplation et préparation, alors que ceux des groupes 2 et 3 sont plus fréquemment au stade de maintien ou de rechute.

### III.1.4 La régulation de la motivation

Concernant le niveau de motivation, la régulation externe tend à être plus forte dans le groupe 1 (score moyen = 3,7) que dans les groupes 2 et 3 (2,1 et 1,7, respectivement) ( $F = 2,88$  ;  $p = 0,06$ ). Cela signifie que les patients qui débutent leur prise en charge thérapeutique par l'AP sont plus fortement influencés par le médecin, l'éducateur sportif et/ou l'entourage familial pour faire de l'AP que les patients l'ayant effectuée depuis un ou deux ans. Par ailleurs, les femmes sont plus fortement influencées par les régulations introjectée, identifiée et intrinsèque que les hommes (Figure 27).

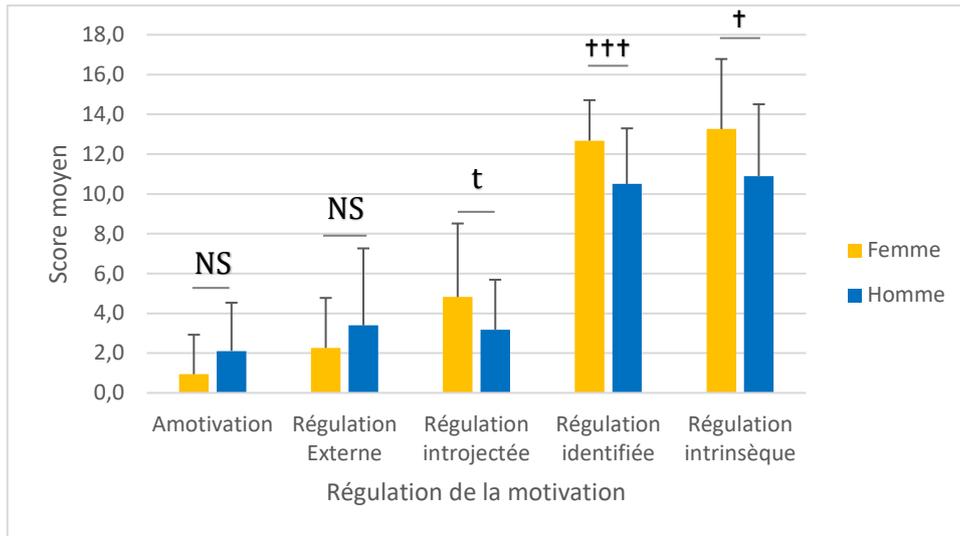


Figure 27 : Les scores moyens des régulations de la motivation selon le sexe (moyenne  $\pm$  écart-type)  
 Noté de 0 à 12 pour la régulation introjectée et de 0 à 16 pour l'amotivation, la régulation externe, identifiée et intrinsèque  
 Effet du sexe : NS : non significatif, † :  $p < 0,05$  ; ††† :  $p < 0,001$  ; t : tendance

### III.1.5 Les douleurs articulaires

L'arthrose touche 45% des patients, sans différence selon le groupe, l'âge et le sexe. Il en est de même pour l'intensité des douleurs articulaires et l'auto-efficacité perçue. Les femmes consomment plus fréquemment des antalgiques que les hommes ( $\chi^2 = 8,74$  ;  $p < 0,003$ ) : 52% vs 18%. Le temps de dérouillage matinal est influencé par l'âge ( $F = 3,43$   $p = 0,04$ ). Les patients âgés de 45 à 54 ans ont un temps de dérouillage moyen similaire à celui des patients âgés de 55 à 64 ans. Par contre, ces derniers ont un temps de dérouillage moyen plus faible que celui des patients âgés de plus de 65 ans (Figure 28).

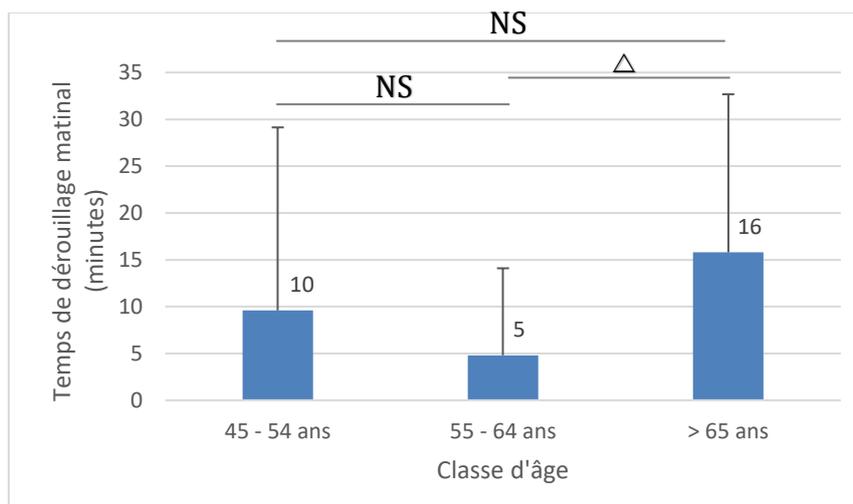


Figure 28 : Le temps de dérouillage matinal moyen selon la classe d'âge (moyenne  $\pm$  écart-type)  
 Effet de la classe d'âge : NS : non significatif,  $\Delta$  :  $p < 0,05$

### III.1.6 La perception générale de la santé

Seules deux variables de la perception générale de santé sont influencées par le sexe ou la classe d'âge. La première variable est la perception du poids, qui est différente selon le sexe ( $F = 6,31$  ;  $p = 0,014$ ). Les femmes perçoivent, plus que les hommes, leur poids comme en excès (4,5 vs 3,8). La perception du niveau de stress est influencée uniquement par la classe d'âge ( $F = 3,34$  ;  $p = 0,04$ ). Ainsi, les patients les plus jeunes sont plus stressés que les patients les plus âgés.

### III.1.7 La qualité de vie physique et mentale

La composante physique de la qualité de vie (PCS) n'est pas différente selon le groupe, le sexe ni la classe d'âge. En revanche, la composante mentale (MCS) est significativement différente selon le sexe ( $F = 13,07$  ;  $p = 0,0007$ ). Le score moyen des femmes (44,3) est inférieur à celui des hommes (53,8) témoignant d'un état psychologique dégradé chez les femmes par rapport aux hommes ou à la population saine. Rappelons que le score moyen d'une population saine pour la composante MCS est de 53,3. En effet, parmi les 78 patients interrogés, la dépression touche cinq femmes du groupe, soit 10%, mais aucun homme.

### III.1.8 Les temps dédiés aux différents domaines de l'activité physique

Les temps de sédentarité (en %) et de travail (en %) sont liés à la classe d'âge (Figure 29). Les patients jeunes ont un temps de sédentarité plus faible que les patients âgés ( $F = 7,94$  ;  $p = 0,0008$ ). A l'inverse, ils ont un temps de travail plus élevé ( $F = 13,05$  ;  $p < 0,0001$ ). Les temps de loisir et de ménage sont similaires, quelle que soit la classe d'âge.

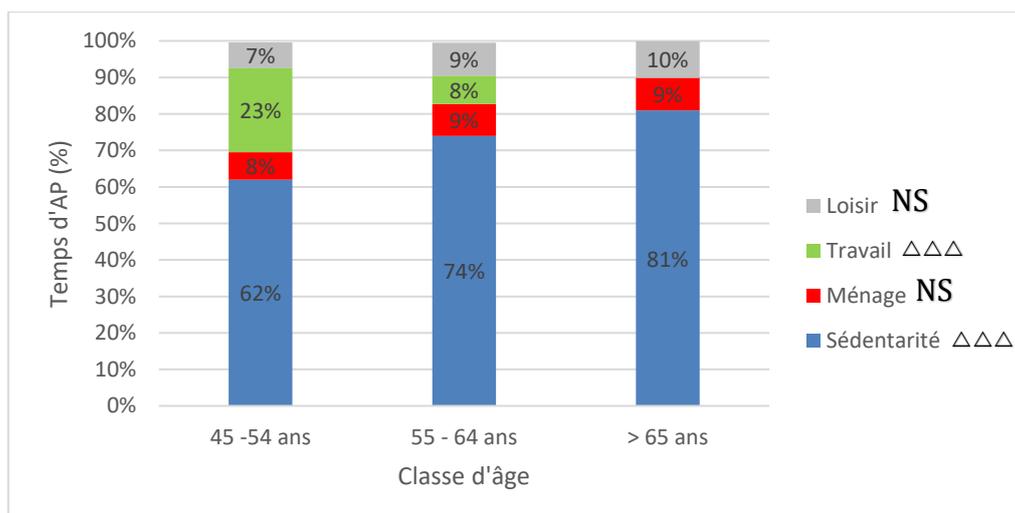


Figure 29 : Répartition des temps d'AP par domaines selon la classe d'âge  
Effet de la classe d'âge : NS : non significatif,  $\Delta\Delta\Delta$  :  $p < 0,001$

Le temps dédié aux tâches ménagères est quant à lui influencé par le groupe de suivi et le sexe. Les patients du groupe 1 passent significativement plus de temps aux tâches ménagères que les

patients des groupes 2 et 3. De plus, les femmes consacrent environ deux fois plus de temps que les hommes à ces tâches (

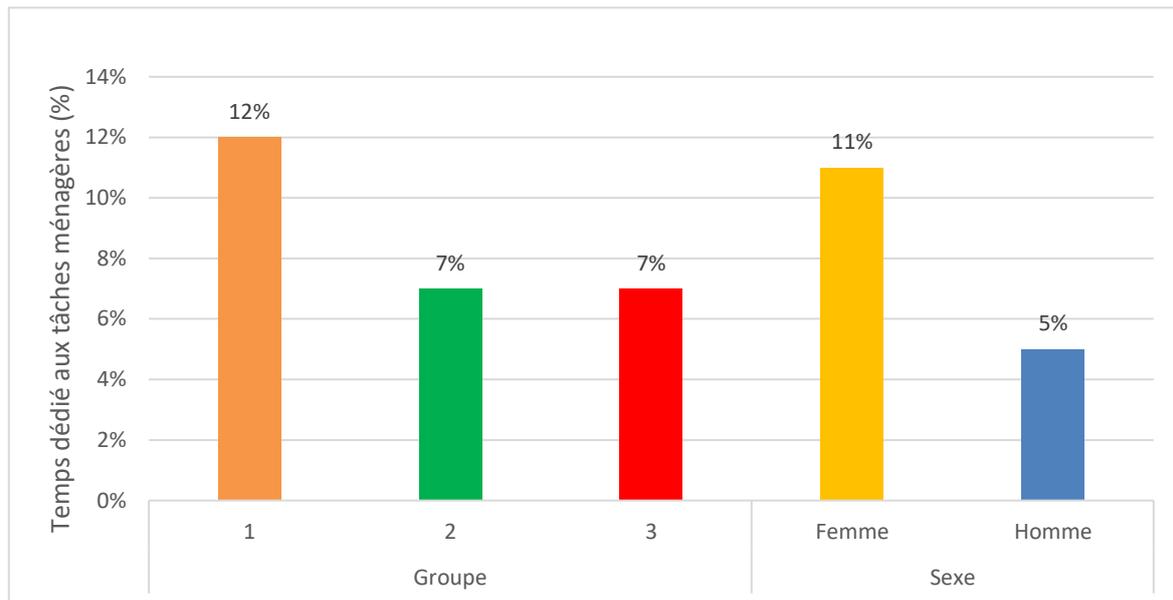


Figure 30).

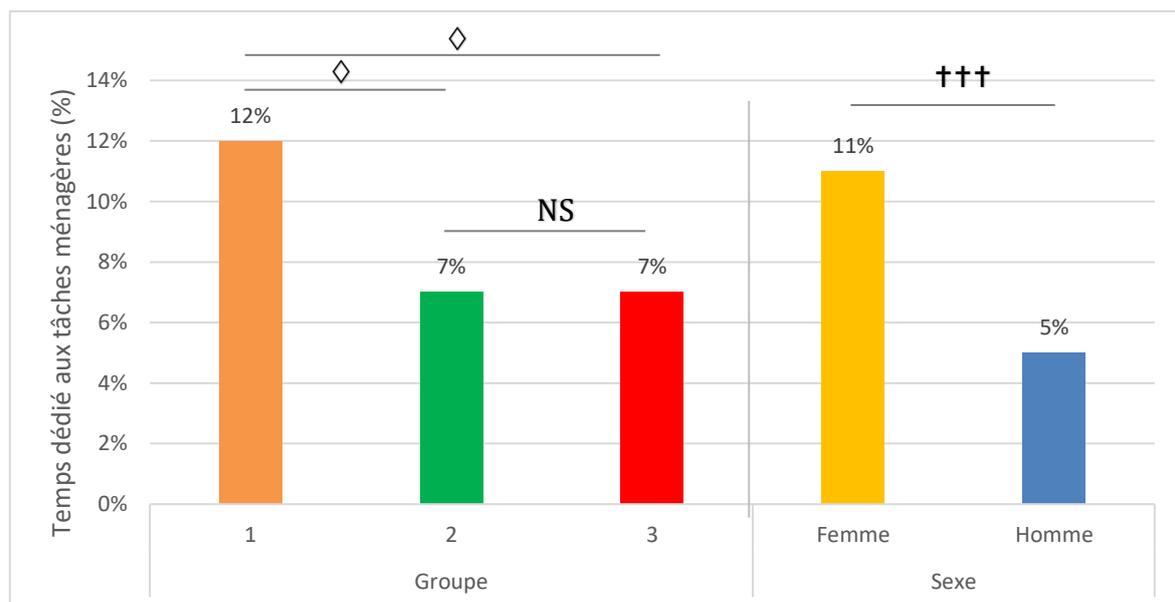


Figure 30 : Influence du groupe et du sexe sur le pourcentage de temps dédié aux tâches ménagères  
Effet du groupe de suivi : NS : non significatif, ◇ :  $p < 0,05$  ; Effet du sexe †††  $p < 0,001$

Les pourcentages de temps dédiés aux activités de loisir sont similaires quel que soit le groupe, le sexe et quelle que soit la classe d'âge. A partir du temps d'AP de loisir renseigné en minutes, nous avons étudié la proportion de patients actifs, c'est-à-dire atteignant les recommandations de 150 minutes d'AP modérée par semaine. Autant de patients atteignent les recommandations que ne les atteignent pas, sans différence non plus entre les sexes, les classes d'âge, ni les groupes de suivi (Tableau 11).

| Type de patients      | Activité de loisir |           | $\chi^2$ | p    |
|-----------------------|--------------------|-----------|----------|------|
|                       | Inactif (%)        | Actif (%) |          |      |
| Totalité des patients | 40                 | 60        | 3,30     | 0,10 |
| Homme                 | 29                 | 71        | 2,30     | 0,13 |
| Femme                 | 46                 | 54        |          |      |
| 45 - 54 ans           | 46                 | 54        | 1,65     | 0,44 |
| 55 – 64 ans           | 43                 | 57        |          |      |
| > 65 ans              | 29                 | 71        |          |      |
| Groupe 1              | 44                 | 46        | 0,92     | 0,63 |
| Groupe 2              | 32                 | 68        |          |      |
| Groupe 3              | 43                 | 57        |          |      |

Tableau 11 : Répartition des patients atteignant les recommandations ou non selon le sexe, la classe d'âge et le groupe

Les données relatives au temps d'AP liée aux déplacements ne sont pas assez précises pour pouvoir être analysées. Néanmoins, le moyen de transport privilégié pour aller au travail, pour les trajets personnels (médecin, courses), les trajets de loisir et les trajets d'accompagnement est la voiture.

En conclusion, dans notre population de patients atteints de pathologie chronique, le sexe est la variable la plus influente sur la composition corporelle, les régulations introjectée, identifiée et intrinsèque, la prise d'antalgique, la perception du poids, la qualité de vie mentale (MCS) et le temps dédié au ménage (%). La classe d'âge, quant à elle, influence la composition corporelle, le temps de dérouillage matinal, le niveau de stress, le temps de sédentarité (%) et le temps passé au travail (%). Les variables étudiées sont peu influencées par le facteur groupe de suivi. Autrement dit, que le patient ait déjà suivi ou non un programme de réentraînement, les motivations, les douleurs articulaires, la perception de la santé, la qualité de vie et le niveau d'AP sont similaires. Ainsi, les patients des groupes 2 et 3 semblent avoir un profil similaire à ceux du groupe 1, excepté pour le stade de Prochaska et la régulation externe. En effet, les groupes 2 et 3 sont plus fréquemment au stade de maintien de l'AP ou de rechute et moins souvent sous l'influence de la pression externe que le groupe 1.

### III.2 L'évolution des comportements, des motivations et de l'état de santé du Groupe 1 au cours des 6 mois d'enquête

Les patients du groupe 1 ont rempli l'enquête au début (0 mois) et à la fin de leur prise en charge (3 mois) ainsi que trois mois plus tard (6 mois). Deux patients n'ont rempli que la première

enquête et trois patients n'ont rempli que les deux premières enquêtes. Ainsi, les analyses ont été effectuées sur 27 patients ayant fourni des données aux trois temps d'enquête. Plus de la moitié des patients (63 %) sont des femmes. La répartition des hommes et des femmes est homogène entre les classes d'âge (Tableau 12). La répartition des pathologies selon les classes d'âge montre que les patients les plus jeunes sont plus fréquemment atteints d'obésité et moins fréquemment de cancer que les patients plus âgés (Tableau 12).

|            |                   | Classe d'âge |             |          | $\chi^2$ | p    |
|------------|-------------------|--------------|-------------|----------|----------|------|
|            |                   | 45 - 54 ans  | 55 - 64 ans | > 65 ans |          |      |
| Sexe       | Homme             | 20%          | 44%         | 50%      | 2,03     | 0,36 |
|            | Femme             | 80%          | 56%         | 50%      |          |      |
| Pathologie | Obésité           | 80%          | 33%         | 13%      | 13,34    | 0,04 |
|            | Diabète de type 2 | 10%          | 22%         | 0%       |          |      |
|            | BPCO              | 10%          | 22%         | 38%      |          |      |
|            | Cancer            | 0%           | 22%         | 50%      |          |      |

Tableau 12 : Répartition des patients du groupe 1 dans les classes d'âge selon le sexe et la pathologie

### III.2.1 Les données anthropométriques (Poids, IMC)

Le poids a tendancielleme nt diminué, passant respectivement de 92,5 kg à 90,7 kg entre 0 et 6 mois ( $F = 2,53$ ,  $p = 0,10$ ). Par contre l'IMC est resté stable avec des valeurs allant de  $33,8 \text{ kg.m}^{-2}$  à  $33,2 \text{ kg.m}^{-2}$ , ( $F = 2,32$ ,  $p = 0,12$ ).

Comme observé dans la population totale à T0, il y a un effet global du sexe sur le pourcentage de la masse grasse ( $F = 11,88$  ;  $p = 0,005$ ) et de la masse maigre ( $F = 11,52$  ;  $p = 0,005$ ). Quelle que soit la période (T0, T3 et T6), les femmes ont significativement plus de masse grasse et moins de masse maigre que les hommes. En revanche, il n'y a pas d'effet du temps sur ces pourcentages.

### III.2.2 La capacité physique d'endurance

La distance parcourue en six minutes évolue de façon significative au cours du temps ( $F = 10,47$  ;  $p = 0,0006$ ). La distance moyenne parcourue était de 502 m à T0. Celle-ci augmente à T3 (548 m) puis reste stable à T6 (542 m). Il y a de plus un effet global de la classe d'âge ( $F = 4,01$  ;  $p = 0,05$ ). Globalement, les patients les plus jeunes parcourent une distance significativement plus grande que les patients plus âgés (572 m vs 487 m).

### III.2.3 Le stade de changement de comportement de Prochaska

Les intentions de changement de comportement vis-à-vis de l'AP évoluent au cours du temps ( $\chi^2 = 56,5$  ;  $p < 0,0001$ ). En effet, entre 0 et 3 mois, la majeure partie (85%) des patients évoluent vers le stade d'action. Cette évolution n'est pas surprenante car les patients ont suivi le

programme de réentraînement. En revanche 6 mois après le début de la prise en charge, seul un patient sur deux est au stade d'action car certains ont déjà rechuté (19%).

### III.2.4 La régulation de la motivation

L'amotivation ( $F = 4,98$  ;  $p = 0,01$ ), la régulation externe ( $F = 4,55$  ;  $p = 0,016$ ) et la régulation intrinsèque ( $F = 3,49$  ;  $p = 0,048$ ) ont été influencées par le temps. L'amotivation et la régulation externe ont diminué au cours du temps, alors que la régulation intrinsèque a augmenté (Figure 31). Notons que quelle que soit la période de mesure, l'amotivation est la régulation qui a le score le plus faible et par conséquent celle qui est la moins influente. Les régulations identifiée et intrinsèque sont dominantes. La régulation identifiée est globalement influencée par le sexe ( $F = 3,8$ ,  $p = 0,06$ ) et tendanciellement par le temps ( $F = 2,47$ ,  $p = 0,09$ ). Les femmes obéissent davantage à ce type de régulation que les hommes. Ce type de régulation tend à décroître après le réentraînement.

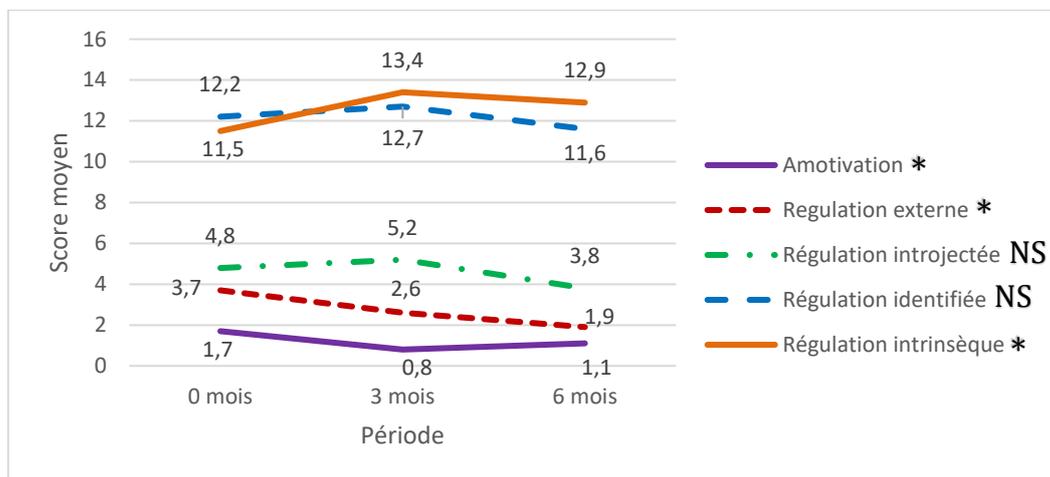


Figure 31 : Effet du temps sur les niveaux de régulations de la motivation chez les patients du groupe 1  
Noté de 0 à 12 pour la régulation introjectée et de 0 à 16 pour l'amotivation, la régulation externe, identifiée et intrinsèque  
Effet du temps : NS : non significatif, \* :  $p < 0,05$

De plus, la régulation intrinsèque est aussi influencée par le temps en interaction avec la classe d'âge ( $F = 3,26$  ;  $p = 0,02$ ). A l'issue du réentraînement, les patients jeunes ont montré une augmentation du niveau de régulation intrinsèque contrairement aux patients des autres classes d'âge (Figure 32). En revanche, 3 mois plus tard ce niveau de régulation décroît et devient similaire à celui des patients plus âgés.



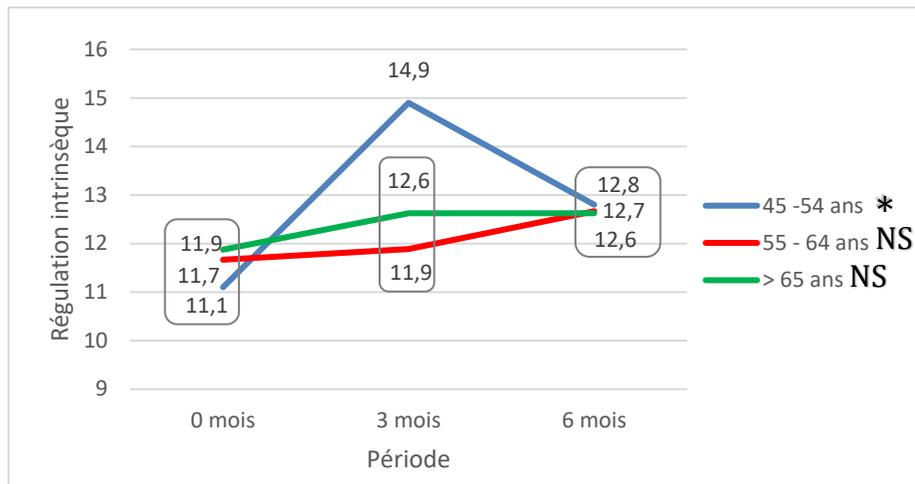


Figure 32 : Effet du temps et de la classe d'âge sur le niveau de la régulation intrinsèque  
 Avec un score allant de 1 à 16 - Effet du temps : NS : non significatif, \* :  $p < 0,05$  ; Effet de la classe d'âge :  $\Delta$  :  $p < 0,05$   
 Les moyennes entourées sont non significativement différentes

### III.2.5 Les douleurs articulaires

Les douleurs articulaires au cours de la vie quotidienne comme pendant l'AP et la prise d'antalgiques n'ont pas évolué au cours du temps, quel que soit le sexe ou la classe d'âge. L'auto-efficacité perçue a tendance à diminuer au cours du temps, reflétant une diminution de la perception de la capacité des patients à pouvoir gérer leur douleur ( $F = 2,83$  ;  $p = 0,069$ )

### III.2.6 La perception générale de la santé

Les perceptions de la condition physique et de l'équilibre alimentaire ont varié au cours du temps, sans interaction avec le sexe, ni la classe d'âge. Notons que pour ces deux variables le score moyen a augmenté entre T0 et T3, et que ce score est resté similaire entre T3 et T6 (Figure 33).

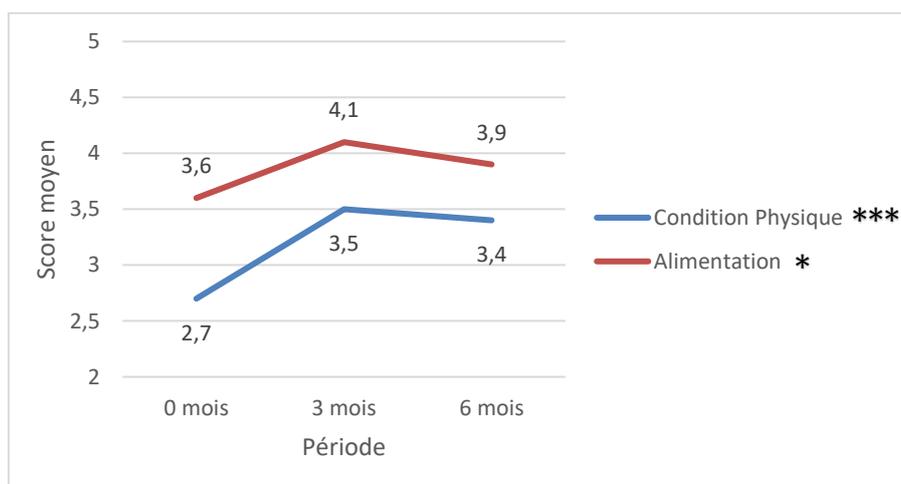


Figure 33 : Effet du temps sur les perceptions de la condition physique et de l'équilibre alimentaire des patients du groupe 1  
 Avec une échelle de notation de 1 à 5 ; Effet du temps : \* :  $p < 0,05$ , \*\*\* :  $p < 0,001$

De plus, la perception de la santé générale est influencée par le temps en interaction avec la classe d'âge ( $F = 3,63$  ;  $p = 0,012$ ). Après la fin du réentrainement, les patients les plus jeunes ont perçu une amélioration de leur santé générale, qui initialement était significativement plus faible que celle des autres patients (Figure 34). Par contre 3 et 6 mois plus tard, les trois classes d'âge ont une perception de la santé générale similaire. Notons qu'à T0, les patients les plus jeunes se perçoivent en moins bonne santé générale.

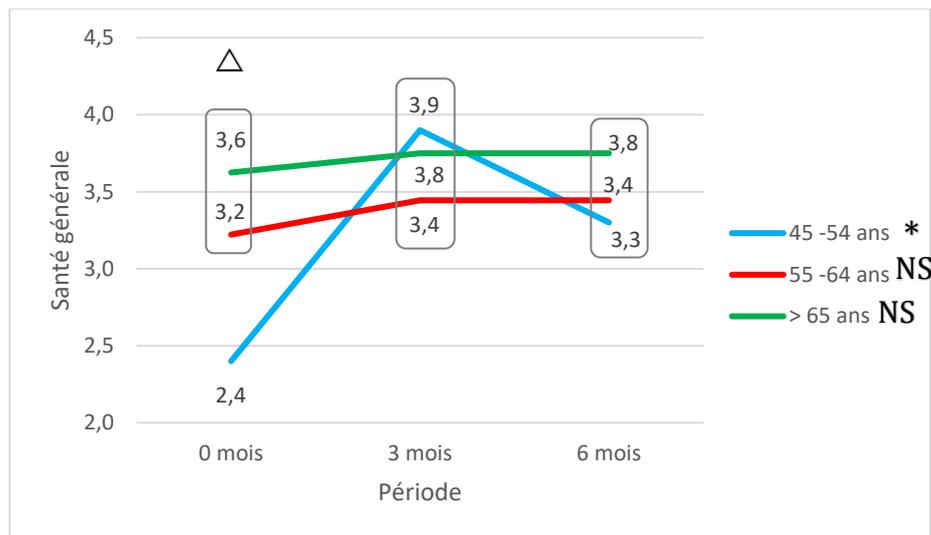


Figure 34 : Effet du temps et de la classe d'âge sur les perceptions de la santé générale  
Avec une échelle de notation de 1 à 5 - Effet du temps : NS : non significatif, \* :  $p < 0,05$  ; Effet de la classe d'âge :  $\Delta$  :  $p < 0,05$  – Les moyennes entourées sont non significativement différentes

La perception du niveau de stress est modifiée différemment au cours du temps selon le sexe ( $F = 3,19$  ;  $p = 0,05$ ). A T0, les hommes et les femmes ont des niveaux de stress équivalents alors qu'à l'issue du réentrainement les hommes se sentent mieux contrairement aux femmes (Figure 35.a). Néanmoins lors de la dernière enquête le niveau de stress est proche du niveau initial. Chez les femmes, l'évolution du stress n'est pas influencée par le réentrainement.

Le temps en interaction avec la classe d'âge tend à influencer également le niveau de stress (Figure 35.b). A T0, les patients jeunes se sentent plus stressés que les patients âgés. Comme la perception de stress diminue chez les jeunes et qu'elle reste équivalente chez les autres patients, aucune différence significative n'est observée à T3 entre les groupes. En revanche lors de la dernière enquête, les patients jeunes deviennent tendanciellement plus stressés que les patients âgés de 55 à 64 ans. La perception de la qualité du sommeil n'est pas modifiée au cours du temps quel que soit le sexe ou la classe d'âge.

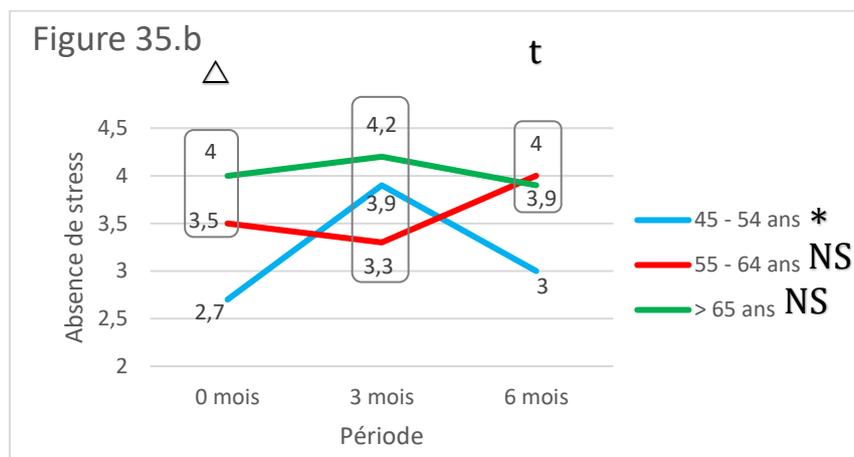
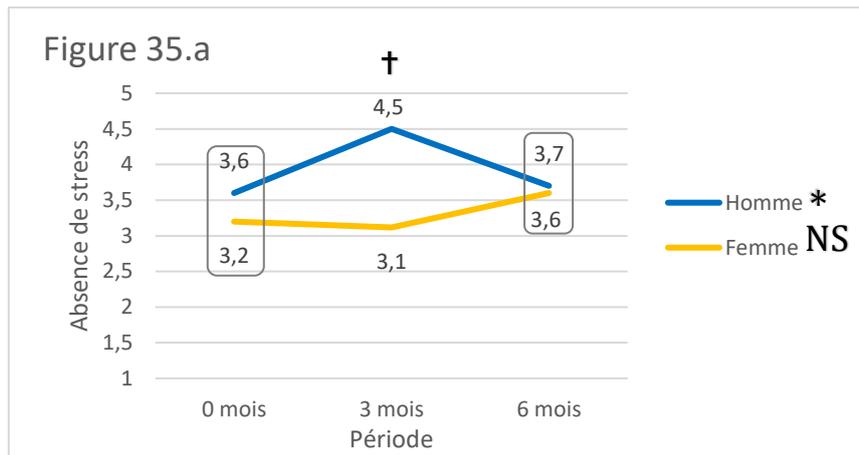


Figure 35 : Effet du temps et du sexe (a) ou de la classe d'âge (b) sur l'absence de stress des patients du groupe 1 Avec une échelle de notation de 1 à 5 – Effet du temps : NS : non significatif, \* :  $p < 0,05$  ; Effet du sexe : † :  $p < 0,05$  ; Effet de la classe d'âge : Δ :  $p < 0,05$  – Les moyennes entourées sont non significativement différentes

### III.2.7 La qualité de vie physique et mentale

Dans l'évaluation de la qualité de vie, seule la composante mentale est modifiée au cours du temps. Elle est influencée par le temps en interaction avec la classe d'âge ( $F = 3,10$  ;  $p = 0,03$ ) et le sexe ( $F = 8,05$  ;  $p = 0,002$ ). Les trois classes d'âge ont évolué différemment. L'état psychologique des patients jeunes s'est amélioré essentiellement entre 0 et 3 mois, sans évolution significative entre 3 et 6 mois (Figure 36.a). Les patients âgés de 55 à 64 ans améliorent globalement leur état psychologique au cours du temps. Par contre, les patients les plus âgés ont un état psychologique stable tout au long de l'étude. Les hommes montrent une dégradation de l'état psychologique au cours du temps alors que les femmes conservent une composante mentale stable (Figure 36.b).

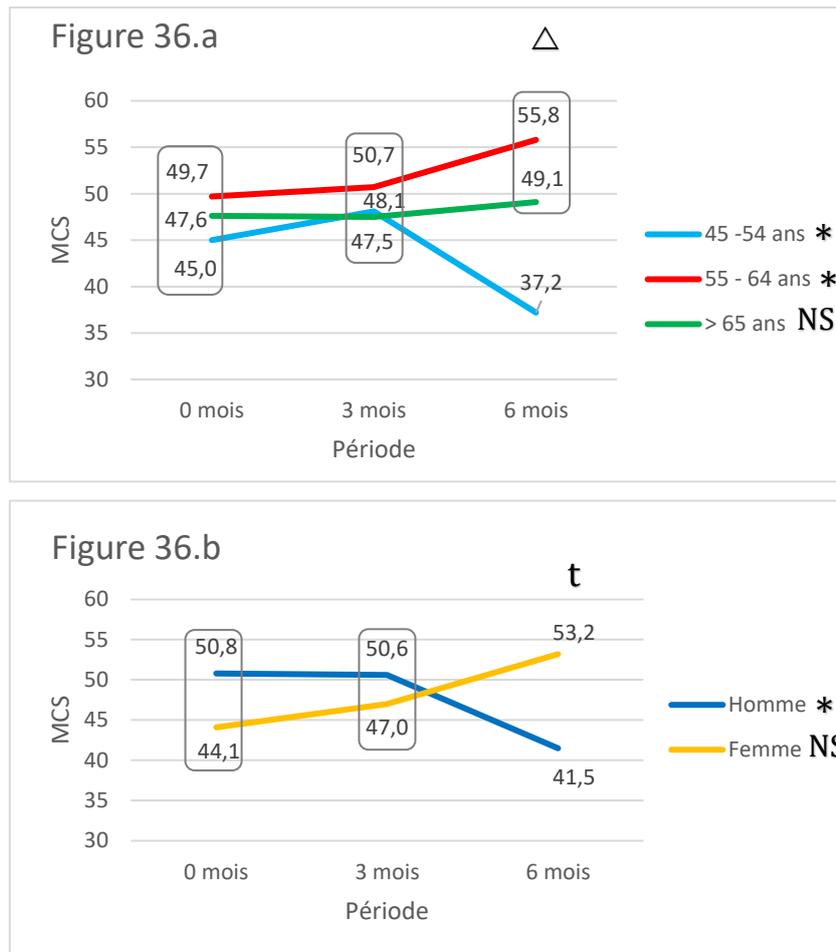


Figure 36 : Effet du temps et de la classe d'âge (a) ou du sexe (b) sur la qualité de vie mentale (MCS) des patients du groupe 1

Référence population saine : 53,3 - Effet du temps : NS : non significatif, \* :  $p < 0,05$  ; Effet du sexe : t : tendance, † :  $p < 0,05$  ; Effet de la classe d'âge :  $\Delta$  :  $p < 0,05$  – Les moyennes entourées sont non significativement différentes

### III.2.8 Les temps dédiés aux différents domaines d'activité physique et à la sédentarité

Le temps de sédentarité (%) diminue progressivement au cours du temps passant de 72% à 66% ( $F = 3,13$  ;  $p = 0,05$ ). Le temps moyen déclaré à la première enquête est de 447 minutes par jour, soit presque 7 heures et 30 minutes. Six mois après, ce temps est de 370 minutes (près de 6h), soit une diminution de 77 minutes.

Le pourcentage de temps dédié aux activités de loisir, incluant les trois séances par semaine du réentraînement, évolue différemment selon le sexe ( $F = 3,13$  ;  $p = 0,05$ ). Globalement, les femmes, contrairement aux hommes, augmentent le pourcentage de temps d'AP de loisir ( $F = 12,5$  ;  $p < 0,0001$ ) (Figure 37).

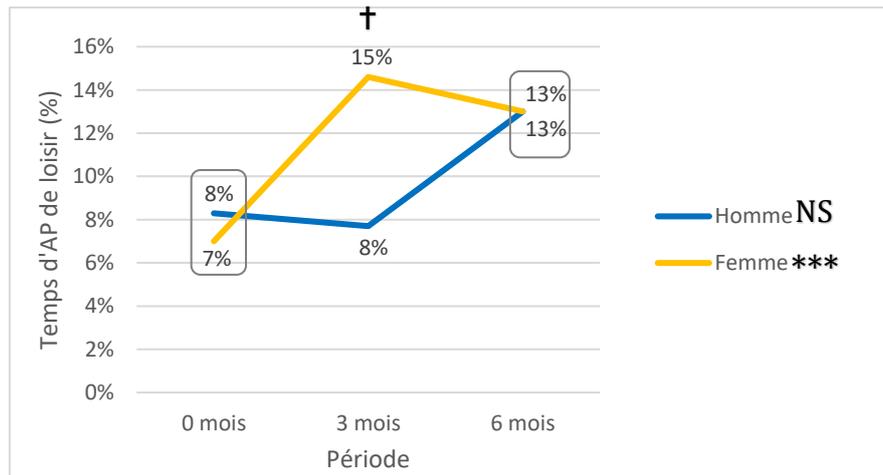


Figure 37 : Effet du temps et du sexe sur le pourcentage de temps d'AP dans le groupe 1  
Effet du temps : NS : non significatif, \*\*\*  $p < 0,001$  ; Effet du sexe : † :  $p < 0,05$  – Les moyennes entourées sont non significativement différentes

Au regard des recommandations en AP, à T0 41% des femmes et 60% des hommes sont considérés comme actifs. Ces proportions sont alors respectivement de 88% et 80% à T3 et de 82% et 70% à T6.

Concernant les activités de travail, nous n'avons pas constaté d'évolution temporelle ni d'interactions entre le temps et la classe d'âge ou le sexe. ( $F = 0,60$ ,  $p = 0,55$  ;  $F = 0,65$ ,  $p = 0,63$  ;  $F = 0,19$ ,  $p = 0,82$ , respectivement). Aucun arrêt de travail n'a été rapporté et deux patients ont repris une activité professionnelle, l'une à T3 et l'autre à T6. Il y a un effet tendanciel global de la catégorie d'âge ( $F = 1,9$ ,  $p = 0,10$ ) mais pas du sexe ( $F = 0,5$ ,  $p = 0,66$ ) sur les pourcentages de temps occupé à travailler. Les patients jeunes travaillent globalement plus que les deux classes d'âge (21% vs 8% vs 0% du temps total).

Le temps passé aux tâches ménagères est tendanciellement affecté par le temps ( $F = 2,39$ ,  $p = 0,10$ ) sans interaction avec le sexe ni la classe d'âge. La durée des tâches ménagères tend à décroître de 12% à 9%. Globalement l'effet du sexe est significatif sur le temps passé au ménage ( $F = 12,06$ ,  $p = 0,002$ ), les femmes y consacrant en moyenne 13% et les hommes 6% de leur temps. La classe d'âge est sans effet sur ce type d'activité ( $F = 1,2$ ,  $p = 0,31$ ).

L'ensemble de ces chiffres indiquent que le programme de réentraînement supervisé de 3 mois a eu un effet majeur sur le changement d'AP et le temps passé assis. Ces changements sont en accord avec l'augmentation significative de la distance parcourue en 6 minutes.

Pour compléter cette analyse, une ACP a été réalisée sur les variables dont les évolutions au cours du temps étaient tendancielles ou significatives. Ces variables sont l'amotivation, la régulation externe, identifiée, intrinsèque, la perception de la condition physique, de l'équilibre

alimentaire, de la santé générale, les temps d'AP (%), la capacité physique d'endurance, du pourcentage de masse grasse et la qualité de vie (PCS et MCS). Les individus de cette analyse sont les six sous-groupes de patients (homme et femmes enquêtés à T0, T3 et T6). Les coefficients de corrélations significatifs entre les variables mentionnées ci-dessus sont surlignés en jaune dans le Tableau 13. L'amotivation est corrélée négativement avec la régulation intrinsèque et la perception d'un bon équilibre alimentaire, et positivement avec la régulation externe. En effet, l'amotivation et la régulation externe sont deux régulations très proches le long du continuum de l'auto-détermination. La régulation identifiée est corrélée positivement au temps dédié au ménage (%). La régulation intrinsèque, à l'opposé de l'amotivation, est quant à elle positivement corrélée à la perception d'un bon équilibre alimentaire, et négativement corrélée au pourcentage de temps passé de sédentarité. La perception d'une bonne condition physique va de pair avec la perception d'une bonne santé générale. La perception d'un bon équilibre alimentaire est négativement corrélée au temps de sédentarité (%). Le temps dédié au ménage (%) est négativement corrélé à la qualité de vie mentale. Enfin, le temps passé au travail est corrélé positivement avec le temps d'AP de loisir (%).

| Variab<br>les | MG%         | TM6M     | Amotiv       | Reg<br>Ext | Reg<br>Ident | Reg<br>Intrin | Cond<br>Phy | Ali | Sante<br>G | Sedent<br>arite | Menag<br>e | Travail | Loisir | PCS |
|---------------|-------------|----------|--------------|------------|--------------|---------------|-------------|-----|------------|-----------------|------------|---------|--------|-----|
| MG%           | <b>1</b>    |          |              |            |              |               |             |     |            |                 |            |         |        |     |
| TM6M          | 0,21        | <b>1</b> |              |            |              |               |             |     |            |                 |            |         |        |     |
| Amotiv        | -0,55       | -0,36    | <b>1</b>     |            |              |               |             |     |            |                 |            |         |        |     |
| RegExt        | -0,43       | -0,70    | <b>0,84</b>  | <b>1</b>   |              |               |             |     |            |                 |            |         |        |     |
| RegIde<br>nt  | <b>0,85</b> | 0,20     | -0,61        | -0,39      | <b>1</b>     |               |             |     |            |                 |            |         |        |     |
| RegInt<br>rin | <b>0,83</b> | 0,48     | <b>-0,90</b> | -0,78      | 0,79         | <b>1</b>      |             |     |            |                 |            |         |        |     |

|             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| CondPhy     | -0,12 | 0,81  | -0,49 | -0,64 | -0,01 | 0,39  | 1     |       |       |       |       |      |      |      |
| Ali         | 0,49  | 0,67  | -0,81 | -0,73 | 0,52  | 0,85  | 0,76  | 1     |       |       |       |      |      |      |
| SantéG      | -0,10 | 0,65  | -0,63 | -0,63 | 0,13  | 0,45  | 0,95  | 0,78  | 1     |       |       |      |      |      |
| Sédentarité | -0,63 | -0,47 | 0,75  | 0,73  | -0,37 | -0,84 | -0,46 | -0,81 | -0,40 | 1     |       |      |      |      |
| Ménage      | 0,94  | -0,03 | -0,30 | -0,15 | 0,82  | 0,61  | -0,41 | 0,20  | -0,38 | -0,37 | 1     |      |      |      |
| Travail     | -0,54 | 0,37  | -0,21 | -0,41 | -0,61 | -0,07 | 0,70  | 0,29  | 0,62  | -0,28 | -0,77 | 1    |      |      |
| Loisir      | -0,28 | 0,43  | -0,39 | -0,47 | -0,39 | 0,20  | 0,78  | 0,57  | 0,71  | -0,56 | -0,56 | 0,91 | 1    |      |
| PCS         | -0,07 | 0,41  | -0,33 | -0,15 | 0,30  | 0,28  | 0,68  | 0,63  | 0,79  | -0,09 | -0,21 | 0,15 | 0,33 | 1    |
| MCS         | -0,75 | 0,47  | 0,36  | 0,03  | -0,63 | -0,48 | 0,60  | -0,03 | 0,46  | 0,32  | -0,84 | 0,64 | 0,46 | 0,35 |

Tableau 13 : Matrice des coefficients de corrélation ( $r$ ) entre les variables de motivation, de perception de la santé, de qualité de vie et d'activité évaluées aux trois périodes chez les patientes et les patients du groupe 1  
*Amotiv* : amotivation, *RegExt* : régulation externe, *RegIntro* : régulation introjectée, *RegIdent* : régulation identifiée, *RegIntrin* : régulation intrinsèque, *CondPhy* : condition physique, *Ali* : équilibre alimentaire, *SantéG* : santé générale, *PCS* : qualité de vie physique, *MCS* : qualité de vie mentale. *Sédentarité*, *ménage*, *travail* et *loisir* sont exprimés en pourcentage du temps total déclaré (RPAQ)  $r \neq 0$  si  $|r| > 0,81$ .

Le plan principal (F1-F2) explique 82% des variations observées entre les six sous-groupes de patients. Selon l'axe F1, expliquant 46% des variations, l'amotivation, la régulation externe et le pourcentage de temps passé assis, sont opposés à la condition physique, la santé générale, l'équilibre nutritionnel, la régulation intrinsèque, au pourcentage de temps d'AP consacrée aux loisirs et à la distance parcourue en 6 minutes. L'axe F2, qui explique 35% des variations, est représenté dans sa partie négative par la qualité de vie mentale et le temps passé aux activités professionnelles (Figure 38). Dans sa partie positive, l'axe F2 est expliqué par le pourcentage de temps dédié aux activités ménagères, au pourcentage de masse grasse et à la régulation identifiée.

Dans ce plan, nous pouvons suivre l'évolution des sous-groupes de patients selon leur sexe (Figure 38). Quelle que soit la période de mesure, les hommes et les femmes se différencient selon l'axe F2. Les femmes sont représentées dans la partie positive de cet axe : elles sont donc davantage gouvernées par la régulation identifiée, ont un pourcentage de masse grasse plus élevée et consacrent plus de temps aux activités ménagères que les hommes, situées en bas de l'axe F2. Quel que soit le sexe, l'évolution entre 0 et 3 mois se traduit par une augmentation de la régulation intrinsèque, de la condition physique, de la santé générale et de l'équilibre alimentaire perçu, de la distance parcourue en 6 minutes et par une diminution du temps de sédentarité (%), et des niveaux de l'amotivation et de la régulation externe. Notons qu'il y a une petite évolution selon l'axe F2 chez les femmes, qui traduit une légère augmentation de la qualité de vie mentale et une réduction du temps passé aux tâches ménagères. Entre 3 et 6 mois, l'évolution est modeste pour les deux sexes. On note une légère régression le long de l'axe F1,

plus marquée chez les femmes que les hommes. Ainsi, 3 mois après la fin du programme de réentraînement, les patients s'orientent vers une très légère diminution du temps d'AP de loisir, du niveau de régulation intrinsèque, d'une moins bonne perception de la condition physique, de la santé générale et de l'équilibre alimentaire.

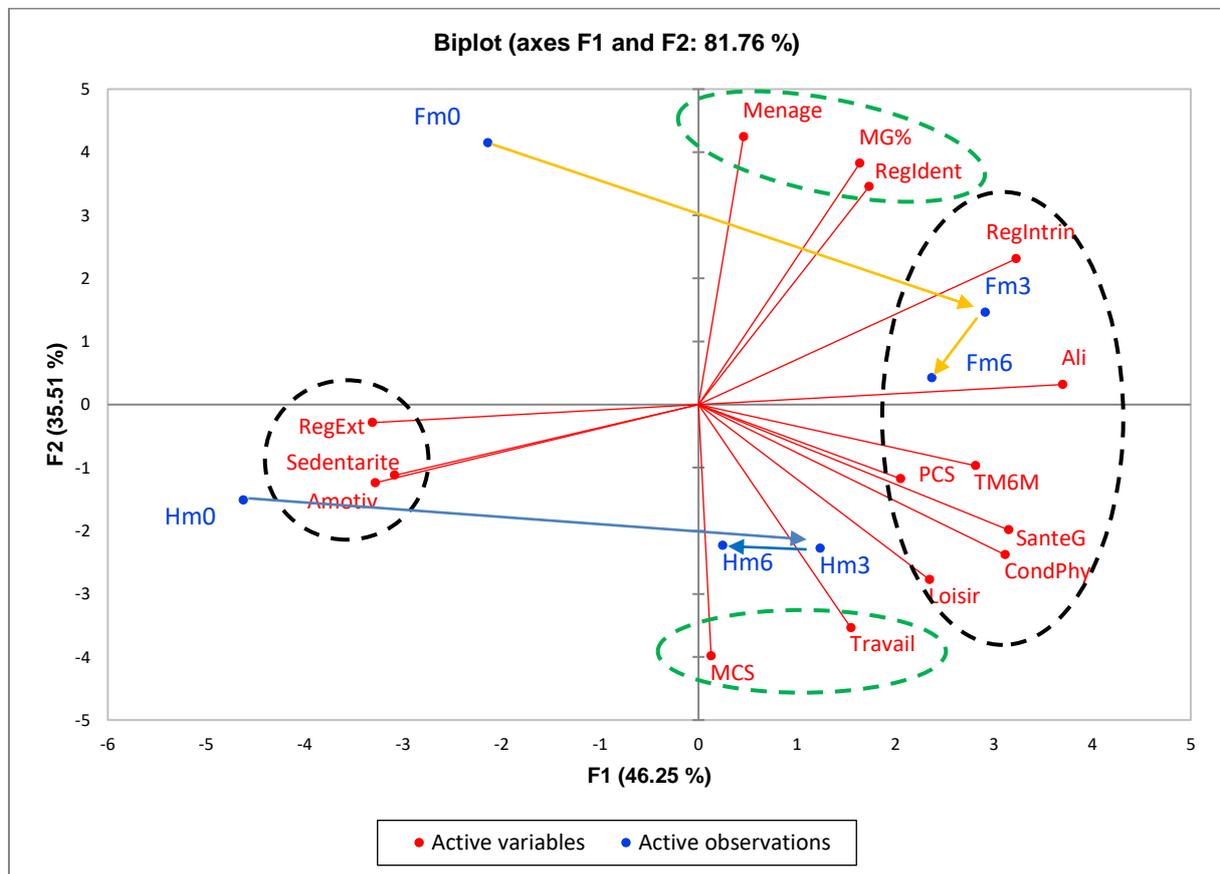


Figure 38 : Représentation des variables quantitatives et des sous-groupes de patients dans le plan principal F1-F2 de l'ACP  
 Fm0 : femmes interrogées à T0, Fm3 : femmes interrogées à T3, Fm6 : femmes interrogées à T6, Hm0 : hommes interrogés à T0, Hm3 : hommes interrogés à T3, Hm6 : hommes interrogés à T6. Amotiv : amotivation, RegExt : régulation externe, RegIntro : régulation introjectée, RegIdent : régulation identifiée, RegIntrin : régulation intrinsèque, CondPhy : condition physique, Ali : équilibre alimentaire, SanteG : santé générale, PCS : qualité de vie physique, MCS : qualité de vie mentale. Sédentarité, ménage, travail et loisir sont exprimés en pourcentage du temps total déclaré au RPAQ.

En conclusion, quel que soit le sexe, l'évolution majeure se produit à T3, c'est-à-dire juste après le réentraînement et la remise d'un podomètre. Ces résultats démontrent bien l'effet bénéfique d'une prise en charge thérapeutique par l'AP et d'un outil motivationnel. A ce stade, les effets du réentraînement et du podomètre sont confondus. Lors de la visite de suivi 3 mois plus tard, les évolutions sont mineures. Ainsi, les patients ont maintenu leurs intentions et les motivations. Leurs douleurs articulaires, leurs perceptions de la santé, leurs qualités de vie et leurs comportements sédentaires et de loisir sont restées similaires.

### III.3 L'évolution des intentions de changement de comportement, des motivations, de l'état de santé et des activités dans les trois groupes

Comme expliqué dans la partie précédente, le groupe 1 a rempli l'enquête à T0, T0 + 3 mois et T0 + 6 mois. Les patients des groupes 2 et 3, n'ont rempli l'enquête qu'à T0 et T0 + 6 mois. Dans ces deux groupes, composé initialement de 25 et 21 patients, deux patients dans chacun des groupes n'ont pas rempli la deuxième enquête. Ainsi, l'analyse a été effectuée sur un effectif total de 69 patients, répartis de façon homogène : 27 dans le Groupe 1, 23 dans le Groupe 2 et 19 dans le Groupe 3 ( $\chi^2 = 1,39$ ,  $p = 0,50$ ). Nous avons donc comparé les évolutions des intentions de changement de comportement, des motivations, de la perception de l'état de santé et des activités à 6 mois d'intervalle. L'enquête à T0 + 6 mois pour les patients des groupes 2 et 3 ne coïncide pas avec une visite de suivi du CHU. Par conséquent, nous n'avons pas étudié l'évolution de la composition corporelle et de la capacité physique d'endurance.

#### III.3.1 Evolution des données anthropométriques (Poids et IMC)

Ni le poids ni l'IMC ne sont influencés par le temps ou le groupe de suivi. En revanche, ces deux variables sont associées à une forte variabilité interindividuelle au sein des groupes.

#### III.3.2 Evolution des intentions de changement comportemental

L'évolution au cours du temps dans les stades de Prochaska est différente selon les groupes ( $\chi^2 = 89,2$  ;  $p < 0,0001$ ). Seul le groupe 1 montre une évolution des stades de contemplation et de préparation vers l'action ( $\chi^2 = 26,8$  ;  $p < 0,0001$ ) (Figure 39). Notons qu'à six mois d'intervalle, les groupes 2 et 3 sont restés dans les stades de maintien et de rechute.

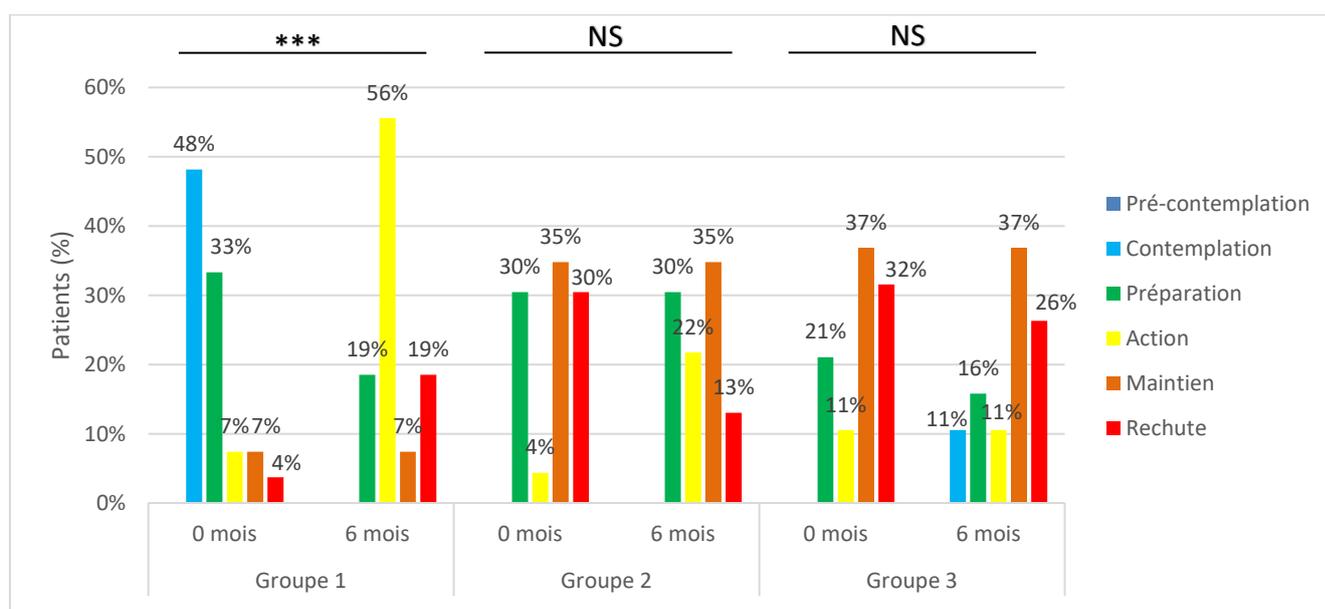


Figure 39 : Influence du temps et du groupe d'étude sur la répartition des patients dans les stades de Prochaska  
Effet du temps : NS : non significatif, \*\*\* :  $p < 0,0001$

### III.3.3 Evolution de la régulation de la motivation

La régulation de la motivation, suivant son type, est influencée différemment par le temps et le groupe de suivi. Ainsi, l'interaction temps\*groupe influence statistiquement le niveau des régulations externe ( $F = 3,97, p = 0,02$ ) et intrinsèque ( $F = 5,10, p = 0,009$ ). Le score moyen de la régulation externe diminue significativement entre les deux enquêtes pour les patients du groupe 1 (Figure 40.a) alors qu'il reste stable dans les groupes 2 et 3. Notons que la régulation externe à la première enquête était plus forte pour les patients du groupe 1. Le score moyen de la régulation intrinsèque des patients du groupe 1 augmente entre la première et la dernière enquête, alors que ceux des groupes 2 et 3 restent similaires (Figure 40.b).

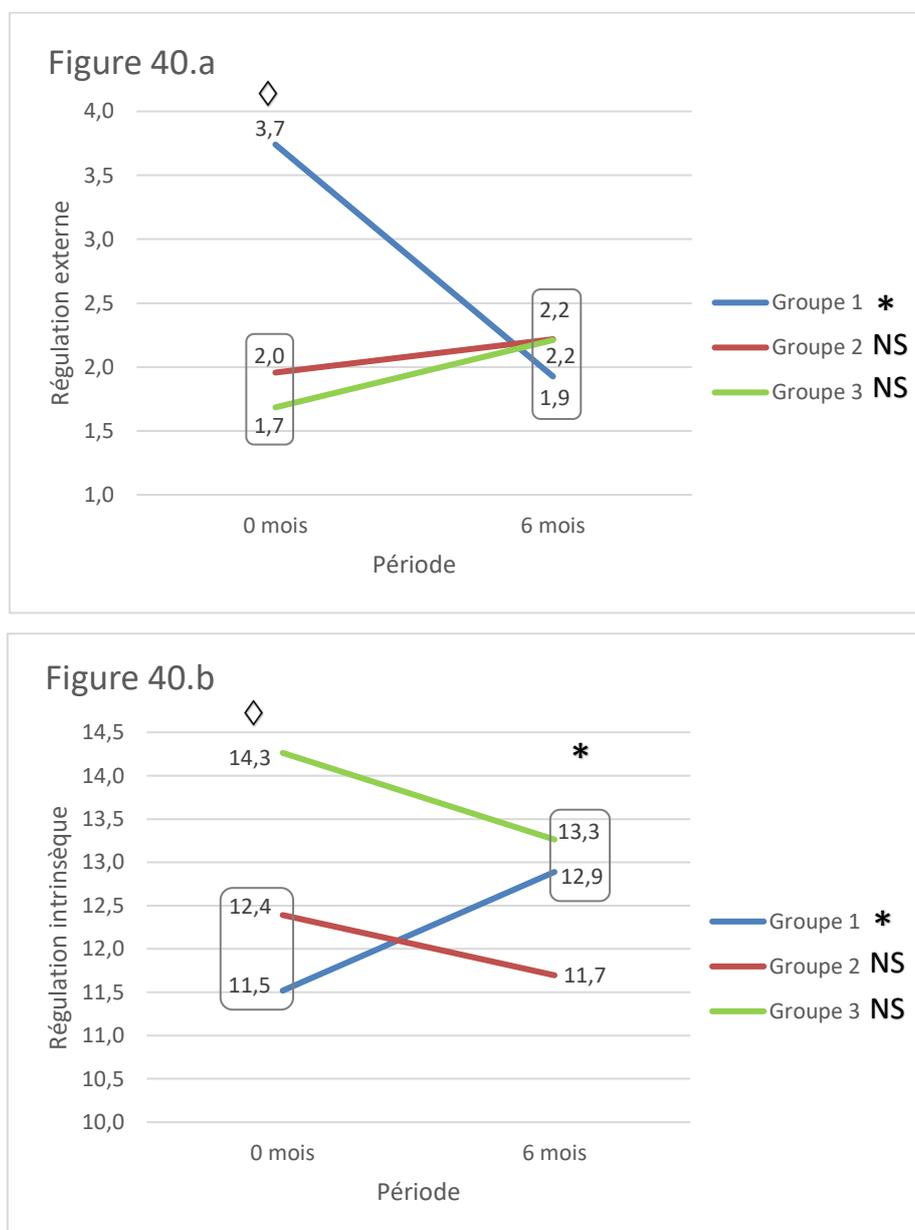


Figure 40 : Effet du temps et du groupe de suivi sur les niveaux de la régulation externe (a) et intrinsèque (b)  
Effet du temps : NS : non significatif \*  $p < 0,05$  ; Effet du groupe de suivi :  $\diamond$  :  $p < 0,05$  - Les moyennes entourées sont non significativement différentes.

La régulation introjectée tend à diminuer entre les deux enquêtes de façon différente selon le groupe ( $F = 2,43$  ;  $p = 0,09$ ). Chez les patients du groupe 2, la régulation introjectée a tendance à augmenter entre la première et la dernière enquête. A l'inverse, chez les patients des groupes 2 et 3, elle tend à diminuer. Le niveau de l'amotivation tend à diminuer globalement dans les trois groupes ( $F = 2,87$  ;  $p = 0,09$ ).

#### III.3.4 Evolution des douleurs articulaires

L'auto-efficacité perçue décroît au cours du temps dans les trois groupes ( $F = 7,98$  ;  $p = 0,006$ ). Ceci indique qu'ils se sentent moins capables de gérer leurs douleurs articulaires. L'intensité des douleurs articulaires au cours de la vie quotidienne et au cours de l'AP est uniquement influencée par la variabilité interindividuelle au sein des groupes.

#### III.3.5 Evolution de la perception générale de la santé

La perception de la condition physique ( $F = 3,10$  ;  $p = 0,05$ ) et de la santé générale ( $F = 5,91$  ;  $p = 0,004$ ) évoluent différemment selon le groupe. La perception de la condition physique des patients du groupe 1 augmente alors que celles des patients des groupes 2 et 3 restent similaires (Figure 41.a). La perception de la santé générale évolue de façon distincte pour les patients des trois groupes (Figure 41.b). Ainsi, pour le groupe 1, on constate une augmentation significative ( $p = 0,005$ ), pour le groupe 2 une diminution significative ( $p = 0,05$ ) et pour le groupe 3 une stabilité de la perception générale de la santé. La perception de la qualité du sommeil tend à diminuer au cours du temps, quel que soit le groupe ( $3,57$  vs  $3,36$ ,  $F = 2,80$  ;  $p = 0,099$ ).

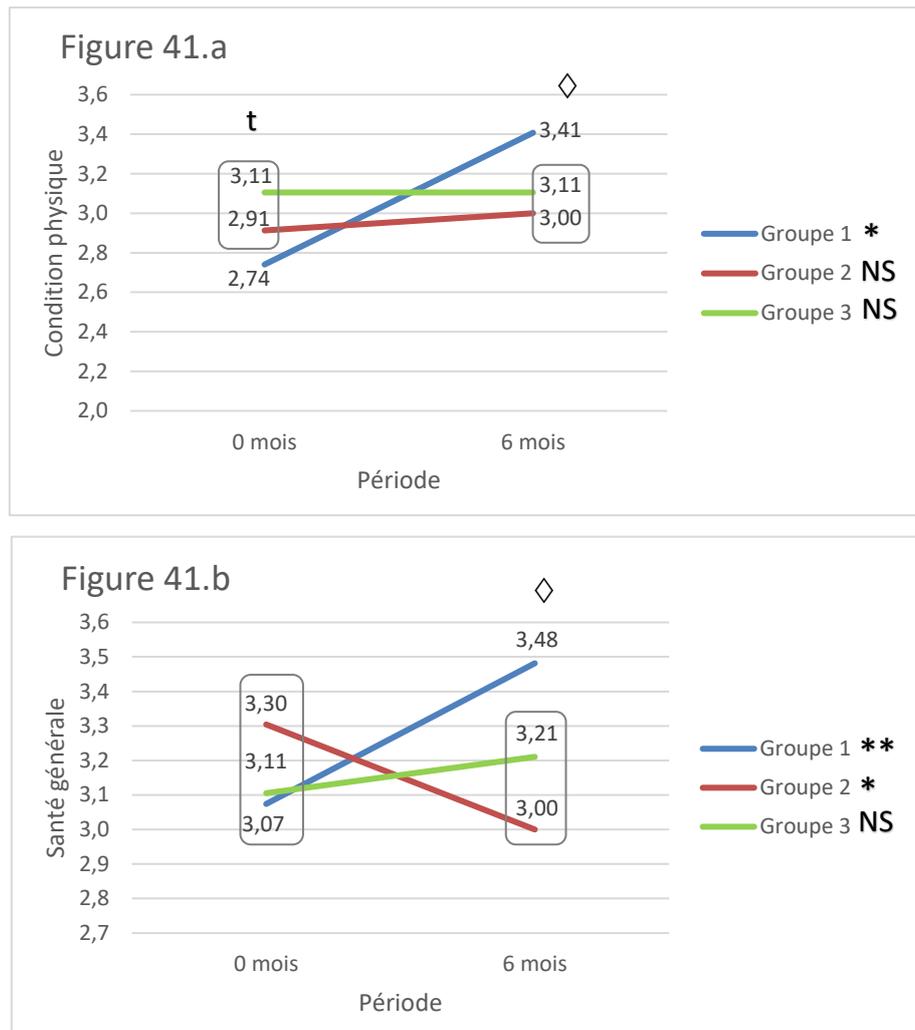


Figure 41 : Effet du temps et du groupe de suivi sur les perceptions de la condition physique (a) et de la santé générale (b)  
 Effet du temps : NS : non significatif, \* :  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$  ; Effet du groupe de suivi : t :  $p = 0,10$ ,  $\diamond$  :  $p < 0,05$  -- Les moyennes entourées sont non significativement différentes.

### III.3.6 Evolution de la qualité de vie physique et mentale

Aucune des deux composantes de la qualité de vie n'est influencée par le temps ni le groupe. Les variations de ces deux variables sont uniquement dues aux différences interindividuelles importantes des patients au sein des groupes.

### III.3.7 Evolution du temps passé assis et des temps dédiés aux activités physiques

Les domaines d'AP sont différemment influencés par le temps, et par le temps en interaction avec le groupe de suivi. Ainsi, le temps passé assis (en %) est modifié au cours du temps, indépendamment du groupe ( $F = 6,71$  ;  $p = 0,011$ ). A la première enquête, le temps dédié aux comportements sédentaires correspond à 73% du temps déclaré par les patients. Ce pourcentage décroît de façon significative à 69%, 6 mois plus tard.

Les temps dédiés aux tâches ménagères et aux activités de loisir évoluent différemment selon le groupe ( $F = 3,18$  ;  $p = 0,048$  et  $F = 6,56$  ;  $p = 0,002$ ). Les patients du groupe 1 diminuent le

temps dédié aux tâches ménagères (Figure 42.a) et augmentent le temps imparti aux activités de loisir (Figure 42.b). Les temps des groupes 2 et 3 restent similaires. Au regard des recommandations en AP, la proportion de patients, qui atteignent les recommandations, est plus élevée à T6 qu'à T0 dans le groupe 1 (78% vs 48%), mais sont identiques entre les deux périodes dans les groupes 2 et 3 (74% vs 74% et 58% vs 58%, respectivement). Les temps moyens dédiés aux AP de loisir à T0 pour les patients des trois groupes (1, 2 et 3) sont respectivement de 37, 51 et 52 minutes/jour. Six mois plus tard, les temps moyens sont de 66, 47 et 48 minutes/jour.

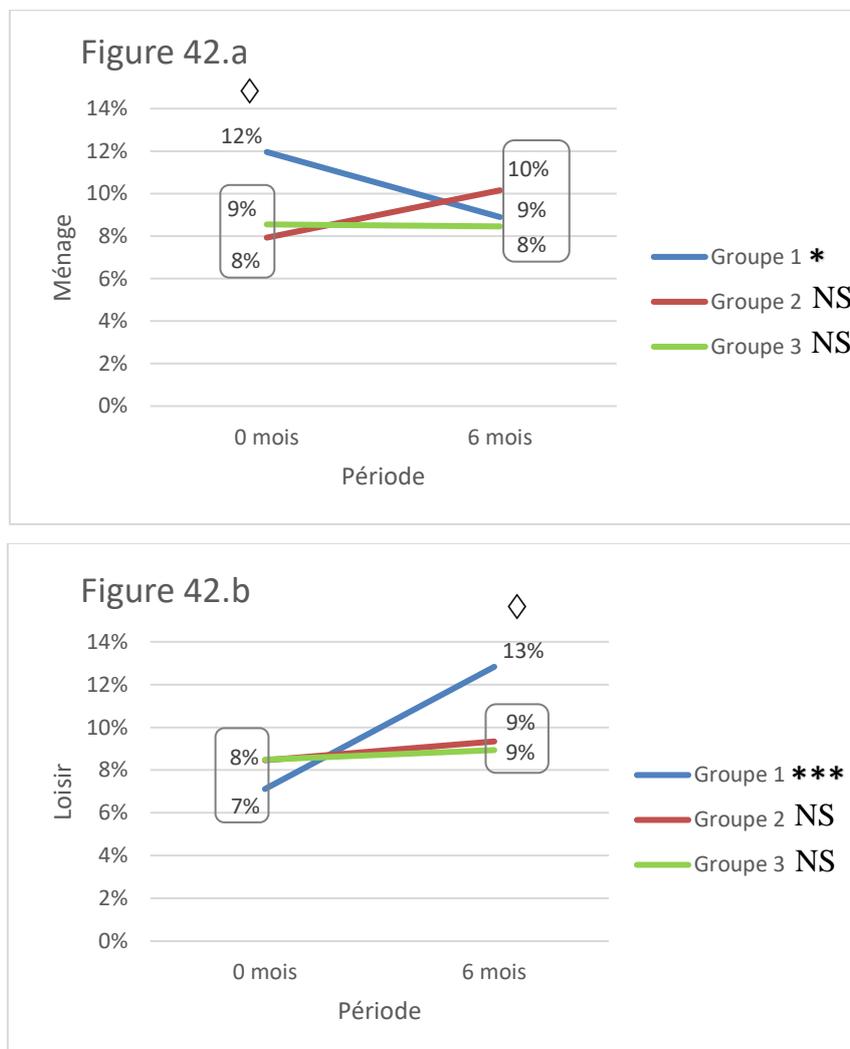


Figure 42 : Effet du temps et du groupe de suivi sur le temps dédiés aux tâches ménagères (a) et aux activités de loisir (b)  
 Effet du temps : NS : non significatif, \*\*\* :  $p < 0,001$  ; Effet du groupe de suivi :  $\diamond$  :  $p < 0,05$  - Les moyennes entourées sont non significativement différentes.

L'ensemble des effets du temps et de l'interaction du temps avec le groupe sur les variables sont résumés dans l'*Annexe 6*.

En conclusion, les patients, dont les motivations, la perception générale de la santé et les activités évoluent le plus entre les deux enquêtes, appartiennent au groupe 1. Comme précisé précédemment cette évolution marquée a lieu juste après la fin du réentraînement et remise du podomètre. Les variables collectées sur les groupes 2 et 3 sont quasiment constantes au cours des 6 mois de l'étude. La remise du podomètre a modestement contribué à maintenir leur motivation et leur activité de loisir. Pour le groupe 1, le réentraînement a un effet majeur sur l'évolution des variables. L'ACP montre déjà les prémices d'une évolution négative, 3 mois après la fin du réentraînement dans le groupe 1 et ce malgré la mise à disposition du podomètre.

#### IV. Discussion

L'objectif de cette étude était d'évaluer et de comparer les profils d'intention de changement de comportement, de motivation, d'état de santé et de temps de sédentarité et de niveau d'AP entre les différents groupes de patients atteints de maladie chronique (stade de suivi, classe d'âge et sexe).

L'hypothèse principale de cette deuxième étude était que le réentraînement supervisé est efficace pour motiver les patients, améliorer leur condition physique et changer leurs comportements à court et moyen termes. Néanmoins, il est probable que seul il ne suffise pas pour maintenir ces changements sur le long terme et que les bienfaits observés s'atténueront au cours du temps. L'hypothèse secondaire était que la remise d'un podomètre à la fin de la première enquête pourrait limiter/retarder la démotivation et les rechutes dans les comportements sédentaire et inactif.

Les résultats de cette étude montrent que le réentraînement est efficace pour modifier les intentions et les motivations vis-à-vis de l'AP, la capacité physique d'endurance, l'état de santé, la qualité de vie et les comportements sédentaires et actifs. La composition corporelle, quant à elle, n'évolue pas au cours du réentraînement. L'ACP, qui est une analyse qualitative et descriptive, montre que trois mois après le réentraînement, il y a une légère diminution du temps d'AP de loisir, du niveau de régulation intrinsèque et une moins bonne perception de la condition physique, de la santé générale et de l'équilibre alimentaire. Malgré la remise du podomètre, les patients qui ont suivi le programme depuis plus d'un an, n'ont pas montré d'évolution comportementale ni motivationnelle au cours de l'étude. Leur profil est similaire à

celui des patients du groupe 1 avant le réentraînement, ce qui signifie qu'il n'y a pas de persistance à un an des effets du programme d'AP supervisé non seulement sur l'AP mais aussi, sur les paramètres motivationnels.

#### *L'effet du réentraînement sur les intentions et les motivations vis-à-vis de l'AP*

Lors de la première enquête (T0), le facteur le plus influant sur les intentions de comportement est le groupe de suivi. En effet, la répartition des patients dans les groupes dépend uniquement du stade par rapport au programme de réentraînement, que l'on peut considérer alors comme le stade d'Action. Ainsi, les patients du groupe 1 n'ayant pas encore effectué le programme de réentraînement sont dans les stades en amont du stade d'Action, à savoir Contemplation et Préparation. Après le réentraînement le groupe 1 évolue naturellement vers le stade d'Action. Les patients des groupes 2 et 3 ayant déjà effectué le programme depuis plus d'un an se répartissent entre les stades de Maintien ou de Rechute et leur trajectoire est stable 6 mois plus tard. Peu nombreuses sont les études qui portent sur l'impact d'un programme AP sur l'évolution des stades de changement.

Dans notre étude, la régulation externe et l'amotivation ont des scores plus élevés chez les patients du groupe 1 avant le réentraînement. Ceux-ci diminuent significativement après le réentraînement. Plusieurs études ont également observé l'évolution de la motivation au cours d'une intervention. Par exemple, Rutten et al. (2014) ont étudié chez des patients obèses l'évolution de la motivation au cours d'une intervention sur le mode de vie AP et alimentation <sup>169</sup>. Ils ont de plus évalué l'impact d'un réentraînement plus ou moins intense sur cette évolution. L'intervention d'une durée de quatre mois a été divisée en trois parties : démarrage, contrôle et autonomie. Les parties se différençaient par l'intensité du soutien pour l'AP. La motivation a été évaluée à l'aide du BREQ 2. Quelle que soit la partie de l'intervention, les résultats montrent une diminution significative de l'amotivation et de la régulation externe entre le début et la fin de l'intervention, comme pour le groupe 1 de notre étude. Les régulations intrinsèque et intégrée augmentent significativement. Nous observons également une augmentation significative de la régulation intrinsèque dans le groupe 1 mais pas dans les groupes 2 et 3. Ces résultats montrent d'une part que le réentraînement permet aux patients d'agir de façon plus autonome et d'autre part que l'effet de l'intervention (réentraînement) s'est dissipé 12 mois après la prise en charge en AP. Ainsi l'intervention est efficace pour moduler les motivations vers une motivation plus autonome, seulement à court terme. La revue de Teixeira et al. (2012) <sup>170</sup>, rapporte des associations entre les niveaux de motivation et les stades

de Prochaska. Le niveau de la régulation externe est élevé dans les stades de Préparation et d'Action et qu'il diminue au stade du maintien. Ils ajoutent également que le niveau de motivation identifiée augmente progressivement entre les stades de Préparation, Action et Maintien, alors que la motivation intrinsèque est plus forte au stade de Maintien. De plus, les auteurs soulignent que la motivation intrinsèque seule ne suffit pas pour assurer l'engagement dans l'AP sur le long terme. En effet, les régulations intrinsèque et identifiée font partie de la motivation autonome qui est un facteur prédictif du maintien de l'AP sur le long terme [170](#). Par ailleurs, des individus qui débutent l'AP, ont des niveaux des motivations identifiée et intrinsèque supérieurs aux individus qui n'en font pas. Néanmoins, ces niveaux restent inférieurs à ceux des individus pratiquant une AP régulière depuis plus de 6 mois. Enfin Teixeira et al. (2012) montrent l'existence d'une différence selon le sexe. Chez les hommes, la régulation externe est associée négativement à la pratique d'AP au cours du stade de Maintien, alors que pour les femmes aucune association n'est établie. A l'inverse, chez les femmes, la régulation introjectée est associée positivement à la pratique d'une AP contrairement aux hommes où il n'y a pas d'association. Dans notre étude, les femmes sont plus sous l'influence des régulations identifiée et intrinsèque que les hommes, lors de la première enquête. Toutefois, l'évolution de la motivation n'est pas différente selon le sexe.

#### *Efficacité du réentraînement et du podomètre sur les comportements sédentaire et actif*

Le réentraînement de trois mois et la remise du podomètre sont efficaces sur les comportements sédentaires (-1h30 par jour) les temps actifs de loisirs (+ 30 min/jour) et la condition physique (+40 m parcouru en 6 minutes) chez les patients du groupe 1. D'autres études ont mesuré l'efficacité des programmes d'AP supervisée. Dans une étude récente, De Roos et al. (2018) ont comparé l'efficacité d'un programme de 10 semaines combinant un réentraînement supervisé et la marche (groupe Intervention) à l'efficacité d'une prise en charge classique en AP (groupe Contrôle) chez des patients atteints de BPCO [171](#). L'AP a été mesurée à l'aide d'un accéléromètre uni-axial. Un test de marche de 6 minutes a également été effectué afin d'évaluer les capacités physiques des patients. Les mesures ont été faites une semaine avant (pré) et après l'intervention (post). Les résultats montrent une augmentation du temps d'activité de 67 à 91 minutes par semaine dans le groupe Intervention, et une durée similaire dans le groupe Contrôle (67 et 66 minutes par semaine). La différence moyenne significative entre les deux groupes est de 26 minutes par semaine, répartie en 19 minutes d'AP d'intensité faible et 7 minutes d'AP d'intensité modérée, en faveur du groupe Intervention. Parallèlement, la distance parcourue en six minutes croît significativement dans le groupe Intervention. Une différence significative de

34 m entre les deux groupes est observée. Ainsi, les auteurs concluent que l'intervention est efficace pour augmenter l'AP des patients. Ce résultat est en accord avec ceux de notre étude, qui montrent une augmentation des activités physiques de loisir, de la distance parcourue en 6 minutes et une amélioration subjective de la condition physique dans le groupe 1, juste après le réentraînement.

L'efficacité des interventions, qui utilisent le podomètre comme outil motivationnel, a également été étudiée. Kolt et al. (2012) ont comparé l'AP de deux groupes de patients âgés de plus de 65 ans <sup>172</sup>. Le premier groupe (Intervention) a reçu un podomètre, des conseils sur l'AP, la définition d'objectifs personnalisés et trois entretiens téléphoniques pendant 3 mois. Le groupe Contrôle bénéficie de la prise en charge classique (conseils et détermination d'objectif) et de trois entretiens téléphoniques. A la fin de l'intervention, le groupe Intervention augmente le temps dédié à la marche de 63 minutes par semaine alors que le groupe Contrôle n'accroît ce temps que de 30 minutes. Douze mois après la fin de l'intervention, malgré une diminution du temps actif dans les deux groupes, la différence de la durée de la marche reste significative entre les deux groupes, en faveur du groupe Intervention (50 min/sem vs 28 min/sem). Cette augmentation du niveau d'AP est concomitante à une amélioration de la pression artérielle mais pas de l'IMC. Les auteurs concluent que l'utilisation d'un podomètre couplé à des conseils et un suivi augmente l'activité de marche hebdomadaire. Les résultats de Araiza et al. (2006) sont concordants. Ces auteurs ont étudié l'impact de la recommandation « marcher 10 000 pas par jour » sur le niveau d'AP de patients atteints de diabète de type 2 <sup>173</sup>. Pendant six semaines, le groupe Intervention a reçu un podomètre et la recommandation. Le groupe Contrôle a également reçu le podomètre mais sans consigne particulière. A la fin de l'étude, le groupe Intervention augmente de 69% le nombre de pas effectués quotidiennement, alors que les patients du groupe Contrôle ne modifie pas son nombre de pas. Ainsi ces résultats démontrent l'intérêt d'utiliser un podomètre lorsqu'un objectif précis à atteindre est donné aux volontaires. En effet, la remise du seul podomètre n'a pas d'effet sur le nombre de pas journalier.

Ces résultats confirment ceux obtenus dans l'étude présente. En effet, nous avons remis le podomètre comme un outil d'information sur le nombre de pas réalisés mais sans objectif précis à atteindre. De plus, dans notre travail l'effet du podomètre est confondu avec celui de la prise en charge en AP dans le groupe 1. Toutefois 3 mois après la fin du réentraînement le temps d'AP dédié aux loisirs est globalement maintenu. Il est possible que le podomètre participe à ce maintien. Dans les groupes où le podomètre a été remis 12 ou 24 mois après le réentraînement, les motivations et les comportements ne sont pas modifiés.

### Effet du réentraînement sur la perception de la santé générale

L'objectif principal des programmes de réentraînement est de remettre les patients à l'AP dans le but d'améliorer des paramètres biologiques tels que l'indice de masse corporelle, le taux de cholestérol ou la glycémie. Dans notre étude, le réentraînement est efficace au regard de la diminution du temps de sédentarité et de l'augmentation du niveau d'AP, qui se traduit par une augmentation de la distance parcourue en 6 minutes. Il a été démontré que ces changements de comportement ont des impacts cliniques décisifs. En effet, dans une intervention menée chez des patients atteints de diabète de type 2, Balducci et al. (2017) ont mis en évidence une amélioration significative de l'hémoglobine glyquée (HbA<sub>1c</sub>), de la glycémie, du poids corporel, du tour de taille et de la CRP concomitante à une diminution du temps sédentaire (-65 minutes/jour) et une augmentation du temps passé dans des activités d'intensité légère (+55 minutes/jour), modérée à élevée (+7 minutes/jour) [174](#)

Dans notre étude, lors de la première enquête les patients les plus jeunes se sentent plus stressés et en moins bonne santé générale. Cette classe d'âge est fortement représentée par des femmes obèses. Il est démontré que cette pathologie est caractérisée par sa sensibilité au stress chronique, par un niveau élevé d'anxiété et un risque plus élevé de dépression [175](#). Dans le groupe 1 le niveau de stress diminue, et à l'inverse la perception de la condition physique et de l'équilibre alimentaire sont améliorées au cours du réentraînement. Ces évolutions démontrent l'efficacité de la pratique régulière de l'AP sur la perception globale du mode de vie, puisque l'effet du changement de comportement s'étend spontanément à la perception d'avoir une alimentation plus équilibrée. D'autres études ont également observé l'effet bénéfique de l'AP sur l'état psychologique. Fuller et al. (2012 et 2017) ont étudié l'association entre les symptômes de la dépression et l'évolution du poids chez des adultes en surpoids ou obèses au cours d'une intervention de trois mois et d'un suivi d'un an [176-178](#). Les participants des deux groupes Intervention ont reçu un podomètre et des encouragements/conseils pour atteindre l'objectif de 10 000 pas par jour. Le régime alimentaire (coréen ou occidental) était différent dans les deux groupes. L'AP et les symptômes de la dépression ont été évalués à l'aide du nombre de pas et du "Beck Depression Inventory Questionnaire", respectivement. A la fin de l'intervention, le score de dépression décroît significativement pour l'ensemble des participants. A 12 mois, cette diminution reste significative. Le nombre de pas moyen augmente sans différence significative entre les deux groupes pendant l'intervention (de 8500 à 12000 pas) [177](#). Les auteurs concluent qu'un programme d'encouragement vis-à-vis de l'AP permet d'améliorer le niveau d'AP et les symptômes de la dépression chez des adultes en surpoids ou

obèse. Néanmoins, une limite importante à cette étude est qu'elle n'inclut pas de groupe contrôle.

L'étude de Garnier et al. (2012) conclut également à des effets similaires à ceux de notre étude [165](#). Dans cette étude, l'impact d'un programme de marche de 4 mois sur la perception de la santé a été évalué chez des femmes ménopausées atteintes d'obésité. Un groupe contrôle a été inclus dans l'étude et est resté inactif. Quel que soit le groupe d'étude, les femmes ont rempli le questionnaire de perception générale de la santé avant et après l'intervention, soit à 4 mois d'intervalle. Simultanément, la condition physique ( $VO_{2max}$ ), le poids, l'IMC et la composition corporelle ont été mesurées. A l'issue du programme de marche, le groupe intervention améliore l'ensemble de ses perceptions concernant la santé. Comparées aux perceptions du groupe Contrôle, seules les perceptions du poids idéal et du niveau de stress sont significativement différentes dans le groupe Intervention. Le groupe intervention a de plus une capacité aérobie supérieure ( $VO_{2max}$ ) et un pourcentage de masse maigre plus élevée, un poids corporel et un pourcentage de masse grasse inférieurs à la fin qu'au début de l'intervention. En outre, les auteurs rapportent une association entre la perte de masse grasse et la perception d'un meilleur équilibre alimentaire.

#### *Les forces et les limites de notre étude*

Cette étude est originale car peu de travaux décrivent les effets d'une prise en charge par l'AP combinée à la remise d'un podomètre sur les intentions de changer de comportements, les motivations vis-à-vis de l'AP, les perceptions de la santé, la qualité de vie, la capacité physique en endurance et les comportements sédentaire et actif à court, moyen et long terme. La mesure de la condition physique conforte l'efficacité du réentraînement et la perception subjective concernant l'amélioration de la santé générale. De plus, nous avons étudié diverses maladies chroniques et comorbidités, ce qui est représentatif de la réalité au regard des profils poly-pathologiques des patients atteints de maladie chronique pris en charge dans les services hospitaliers.

Notre étude comporte un certain nombre de limites. Premièrement, l'AP qui est au cœur de ces travaux de recherche est évaluée uniquement à l'aide d'un questionnaire qui collecte des réponses auto-déclarées et donc subjectives (RPAQ). Une mesure objective valide de l'AP aurait été pertinente pour évaluer plus précisément l'évolution des comportements d'AP suivant leur intensité. L'impact clinique du réentraînement aurait été plus précis si des paramètres biologiques tels que la protéine C réactive ou encore l'hémoglobine glyquée ( $HbA_{1c}$ ) avaient

été disponibles pour la totalité des patients. En effet, ces données ont été collectés régulièrement au sein de certains établissements de prise en charge, et moins régulièrement dans d'autres.

Deuxièmement, l'impact du podomètre n'a pas pu être pleinement exploité car son effet est confondu avec celui du réentraînement. Afin de distinguer ces deux effets, il aurait fallu étudier trois groupes à savoir un groupe avec podomètre et sans réentraînement, un groupe avec réentraînement mais sans podomètre et un groupe avec réentraînement et podomètre. Dans cette même idée, nous aurions pu avoir des groupes de patients ayant fait le réentraînement depuis plus d'un an avec et sans podomètre, afin d'étudier si celui-ci réussissait à augmenter ou stabiliser la motivation et la pratique de l'AP. Néanmoins, nous ne disposions pas suffisamment de patients pour réaliser un tel plan d'expérience. Dans tous les cas, la fixation d'un objectif précis du nombre de pas aurait sans doute pu augmenter le niveau d'AP.

Troisièmement, la première enquête des patients des groupes 2 et 3 n'est pas une mesure pré-intervention, au même titre que la première enquête des patients du groupe 1. Nous n'avons pu comparer les patients des groupes 2 et 3 que par rapport au groupe 1 à T0 et non par rapport à eux-mêmes, ce qui relève d'une comparaison moins puissante. Toutefois, cette enquête reste intéressante car elle permet d'avoir une première évaluation subjective des intentions, des motivations, de la perception de la santé et des comportements plus d'un an après un réentraînement.

Une dernière faiblesse du protocole est d'avoir des patients avec des pathologies variées en proportion différente dans les 3 groupes de suivi. Ainsi les groupes sont différents non seulement en référence à leur stade de suivi mais aussi par leur pathologie. Les effets sont donc confondus. Il n'a pas été possible d'étudier l'effet de la pathologie sur les différentes variables.

En conclusion, le réentraînement est efficace pour moduler les comportements actif et sédentaire ainsi que les motivations des patients, quel que soit leur classe d'âge et leur sexe. Néanmoins, trois mois après la fin du réentraînement, les patients du groupe 1 régressent légèrement tant dans leur démarche de changement comportemental que dans l'état de santé. Ainsi l'amélioration de la motivation autonome, et notamment de la régulation intrinsèque, observée au cours du réentraînement n'est pas suffisante pour induire un changement de comportement sur le long terme.

Plusieurs raisons peuvent être avancées pour expliquer ce début de régression. Certains patients perçoivent le réentraînement comme une contrainte imposée par le médecin à laquelle ils ne

peuvent se soustraire. En d'autres termes, ils n'envisagent pas, ne mesurent pas ou ne comprennent pas le caractère indispensable de la pratique régulière d'une AP pour leur santé. Par ailleurs les stratégies proposées pour augmenter le niveau d'AP et combattre les comportements sédentaires ne leur semblent pas acceptables ou faisables <sup>179</sup>. Les patients perçoivent un déséquilibre entre les bénéfices et les coûts générés par la réalisation d'exercice physique. Les exercices sont perçus comme peu motivants, et souvent ils sont associés par les patients aux douleurs, à la fatigue, à l'inconfort et à des émotions négatives. Des émotions négatives telles que la honte, la paresse et la peur de l'exercice sont de véritables freins à la pratique de l'AP <sup>180</sup>. Certains auteurs ont montré que le changement d'habitudes alimentaires était plus abordable et plus déterminant que celui de l'AP aux yeux des patients <sup>181</sup>. Si l'AP n'est pas envisagée comme un bénéfice majeur pour la santé mais comme une tâche chronophage, il n'est alors pas étonnant que la fin du programme de réentraînement soit concomitante à la rechute. De plus certaines études ont montré que l'intervention sur les modes de vie (alimentation et AP) était plus ou moins efficace sur la diminution du risque cardiovasculaire selon la perception de la santé des patients atteints de diabète de type 2 <sup>182</sup>. Notamment les patients, qui déclarent un état de santé médiocre, même avec un diabète bien contrôlé, ont un risque accru d'accident vasculaire suite à l'intervention par rapport aux patients qui se sentent en bonne santé. Ainsi les stratégies de changement comportemental devraient être holistique et s'appuyer en amont du réentraînement aux intentions, aux motivations, aux freins et aux obstacles liés à l'AP et à la perception de l'état de santé générale des patients.

Les programmes de réentraînement proposés sont fréquemment réalisés en groupe et sous la surveillance d'un professionnel de l'APA. Le soutien social et le suivi personnalisé sont des sources de motivation pour les patients. La fin du programme d'AP provoque généralement la perte de ces deux sources de motivation. Il est alors indispensable de proposer après la prise en charge thérapeutique par l'AP un accompagnement personnalisé afin que le patient ne se retrouve pas seul dans le processus de maintien de l'AP acquise pendant la prise en charge thérapeutique par l'AP. A défaut de pouvoir intégrer des groupes de suivi, nous faisons l'hypothèse qu'un service numérique de promotion de l'AP pourrait être un support efficace pour aider les patients souffrant de maladie chronique à atteindre la recommandation en AP de 150 minutes par semaine. Cette hypothèse sera étudiée dans le chapitre suivant.



---

## Chapitre 3 : Etude Thermactive.

### Impact d'une cure thermale et d'un système digital complet de promotion de l'activité physique sur l'atteinte de recommandation en activité physique à long terme

---

Les résultats présentés dans ce chapitre sont préliminaires.

## I. Objectif

Dans le traitement des maladies chroniques, la HAS a mis l'accent sur les prises en charge thérapeutiques non médicamenteuses. Parmi elles la cure thermale s'avère être un instant privilégié d'information, d'éducation et de prévention. La cure thermale, ou la balnéothérapie, est définie comme le traitement d'une maladie par des bains d'eaux, chaudes ou froides, riches en minéraux, incluant également la consommation d'eaux, des inhalations, des massages par le déplacement de l'eau, des bains de boue, de la relaxation et de la stimulation <sup>183</sup>. Les soins proposés au cours des cures thermales ont de nombreux bienfaits au niveau cardiovasculaire, respiratoire, métabolique, articulaire, inflammatoire et digestif. Ainsi les cures thermales améliorent le profil cardiovasculaire et glycémique, les fonctions physiologiques ainsi que la qualité de vie, et diminuent les douleurs articulaires et l'anxiété <sup>184-188</sup>. D'après l'enquête TNS Healthcare réalisée en 2006 auprès de plus de 110 000 curistes, deux sur trois pensent que la cure thermale est un moment idéal pour l'éducation thérapeutique, notamment dans le domaine de l'AP et de la nutrition <sup>189</sup>. Néanmoins la question de l'accompagnement du patient au-delà de la cure est un enjeu majeur de la médecine thermale.

Dans ce contexte, l'Association Française pour la Recherche Thermale (AFRETH) est le promoteur national pour les recherches en milieu thermal. La société Biomouv est spécialisée dans les programmes d'accompagnement numériques de patients atteints de pathologies chroniques en APA et nutrition. Dans ce contexte, l'étude Thermactive est promue par l'AFRETH et mise en place en collaboration avec la société Biomouv, le CHU G. Montpied (service Médecine du sport), et l'Université Clermont Auvergne INRA (Unité de Nutrition Humaine).

L'objectif de cette troisième partie expérimentale est d'évaluer l'efficacité d'une intervention, associant un atelier d'informations en APA et l'utilisation du dispositif numérique Thermactive proposant un accompagnement personnalisé en APA pendant 12 mois, sur l'atteinte des recommandations en AP d'intensité modérée (150 minutes/sem). Cette intervention est menée chez des patients porteurs d'une maladie chronique ayant bénéficié d'un séjour en cure thermale de trois semaines. L'objectif secondaire est d'évaluer les effets de cet accompagnement personnalisé sur les motivations, les douleurs, l'état de santé et la qualité de vie.

L'hypothèse principale émise dans cette étude est que cette intervention permettra d'augmenter la proportion de patients atteignant les recommandations d'AP d'au moins 15% par rapport au groupe Contrôle. En France, la proportion de personnes de plus de 55 ans atteignant les

recommandations en AP est de l'ordre 39,5% <sup>190</sup>. Ainsi, dans le groupe contrôle, nous estimons à 40% la proportion de patients pouvant atteindre les recommandations en AP et à 55 % dans le groupe intervention. L'hypothèse secondaire est que l'utilisation de ce dispositif améliore aussi les motivations et permette de maintenir les nouveaux comportements, l'état de santé et la qualité de vie pendant les 12 mois de l'étude.

## II. Matériels et méthodes

### II.1 Protocole et population de l'étude

L'étude Thermactive est une étude multicentrique contrôlée randomisée. La population de l'étude était des individus porteurs d'une maladie chronique suivant une cure thermale. Les critères d'inclusion étaient :

- Âge : 50 à 79 ans
- IMC : 19 à 35 kg.m<sup>-2</sup>
- Atteint d'une maladie cardiovasculaire, d'un diabète de type 2, d'une obésité, d'une BPCO, d'une maladie rhumatismale telle que l'arthrose ou un cancer du sein
- Pratique moins de 150 minutes d'AP d'intensité modérée par semaine
- Certificat de non contre-indication à la pratique d'une AP
- Signature de la fiche d'information et de consentement
- Accès régulier à un ordinateur connecté à Internet
- Posséder un smartphone connecté à Internet
- Personne assujettie à un régime de sécurité sociale
- Bonne compréhension du français

A l'inverse, les critères de non-inclusion étaient :

- Personne en période d'exclusion d'une autre étude ou ayant perçu plus de 4 500€ dans l'année suite à sa participation à des études cliniques
- Personne porteuse d'un stimulateur cardiaque
- Pathologie chronique non stabilisée
- Pathologie invalidante de l'appareil locomoteur
- Cancer métastatique
- Personne sous tutelle
- Refus d'être inscrit sur le fichier national des Volontaires participant à la recherche biomédicale

Les patients de l'étude ont été recrutés entre Septembre 2015 et Décembre 2016 au cours de leur cure thermale par des professionnels en APA dans l'un des neuf établissements thermaux :

- Aix-les bains
- Amélie-les-bains
- Brides-les-bains
- Bourbon Lancy
- Chaudes Aigues
- Eugénie-les-bains
- Le boulou
- Vals-les-bains
- Vichy

Les professionnels en APA ont présenté l'étude et son déroulement aux patients intéressés. Les patients dont les critères d'inclusion non médicaux étaient respectés (âge, IMC, physiquement inactif, accès à Internet, smartphone) ont été orientés vers un des médecins thermaux associés à l'étude Thermactive. Au cours de la visite médicale initiale, le médecin thermal a vérifié les critères d'inclusion médicaux (pathologie chronique, certificat de non contre-indication à la pratique d'une AP). Après que le patient ait signé la fiche d'information et de consentement, le professionnel en APA a procédé à la répartition aléatoire dans l'un des deux groupes de l'étude (Contrôle vs Intervention) par une randomisation stratifiée sur le centre et le sexe via le cahier d'observation électronique RedCap (Research Electronic Data Capture). Quel que soit le groupe, les patients ont été suivis pendant 12 mois à raison d'un entretien téléphonique tous les deux mois.

Cette étude a obtenu l'autorisation de l'Agence Nationale de la Sécurité du Médicament et des produits de santé (150681B-31) et du Comité de Protection des Personnes Sud Est VI le 05 Juin 2015 (AU 1196). La durée totale de l'étude Thermactive est de 37 mois, depuis la première inclusion le 29 septembre 2015 jusqu'au dernier entretien téléphonique le 21 décembre 2017.

## II.2 L'intervention

Les patients inclus dans le groupe Intervention ont suivi, au cours de leur cure thermale, un atelier de 2 heures, réalisé en groupe ou individuellement. La première partie de cet atelier concernait les bienfaits de l'APA et des exemples d'exercices adaptés à leur maladie chronique ont été montrés aux patients. La seconde partie les a formés à l'utilisation du dispositif numérique Thermactive.

Le dispositif numérique Thermactive est une solution développée en 2015 par la société Biomouv, incluant un site Web, une application smartphone (iOS et Android) et deux objets connectés via la technologie Bluetooth 4.0 (un podomètre et une balance) (Figure 43).

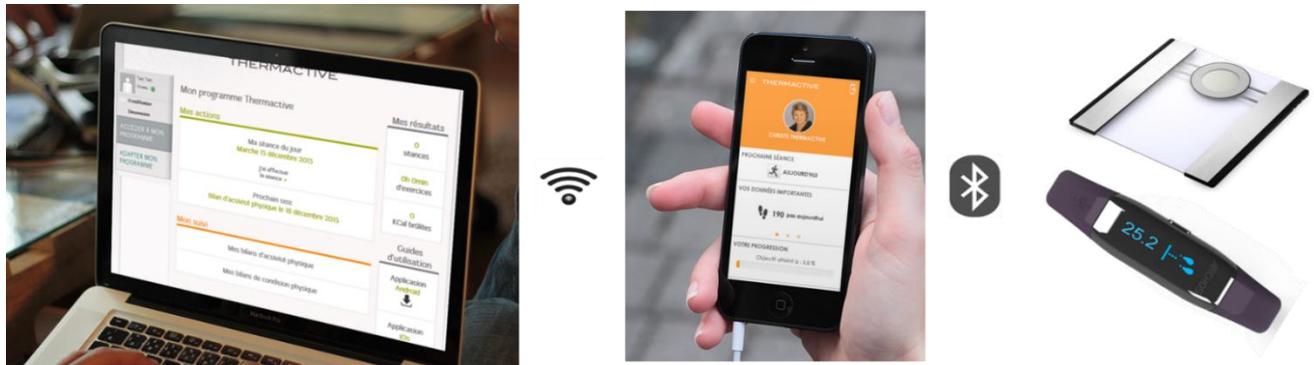


Figure 43 : Le dispositif numérique élaboré par Biomouv : Thermactive

Ce dispositif permet, à l'aide d'un algorithme, de générer un programme d'AP personnalisées et adaptées :

- Aux différentes maladies chroniques (arthrose, AVC, BPCO, coronaropathie/insuffisance cardiaque chronique, diabète de type 2, obésité et après un cancer du sein)
- aux douleurs articulaires, dont la localisation est renseignée sur une silhouette
- aux capacités physiques des patients : fréquence cardiaque de repos, endurance, souplesse et équilibre sur la base de tests simples réalisés lors de l'inclusion (Annexe 7)
- aux équipements dont disposent les patients (balle, banc, bâton, chaise, haltères, step, tapis de sol...)
- aux préférences en termes d'AP (marche, natation, vélo, renforcement musculaire, étirement et équilibre)
- et aux disponibilités (jours pendant lesquels les patients peuvent réaliser des séances).

Le site Web ([www.thermactive.fr](http://www.thermactive.fr)) permet aux patients d'accéder, sur leur compte personnel, aux séances d'AP structurée sous forme de vidéos ou de fiches d'activités. Ces séances peuvent proposer une séance de marche, de natation, de vélo, de renforcement musculaire ou d'exercices d'équilibre. Chaque séance inclut une période d'échauffement et d'étirements. A la fin de chaque séance, la difficulté est évaluée par le patient à l'aide d'une échelle visuelle numérique (échelle de Borg<sup>17</sup>) sur le site Web, allant de la note 6 signifiant « très très facile » à la note 20 pour « très très difficile ». Les patients indiquent également leur ressenti au cours de la séance

<sup>17</sup> <https://www.cdc.gov/physicalactivity/basics/measuring/exertion.htm>

(en pleine forme, normal ou épuisé). Ces données sont prises en compte afin d'ajuster la durée et l'intensité des futurs exercices. De plus, le programme peut à tout moment être modifié par le participant (matériel supplémentaire, modification du planning, nouvelle douleur articulaire etc...).

L'AP non structurée correspond à l'activité quotidienne en dehors des séances proposées par le site Web. L'application smartphone (Thermactive) permet d'avoir des rappels lorsque des séances d'AP sont en attente (non réalisées) et de communiquer avec les deux objets connectés à savoir le podomètre et la balance. Le podomètre connecté est utilisé comme un objet motivationnel au regard de l'AP non structurée. L'objectif du podomètre est d'aider les patients à prendre conscience de leur comportement en AP. Le surpoids et l'obésité ayant un impact important sur les risques de complications des maladies chroniques, l'objectif de l'utilisation de la balance connectée est de permettre aux patients d'avoir un suivi régulier du poids corporel [191](#).

Au cours de l'atelier de formation à l'utilisation du dispositif, l'éducateur AP a créé le profil utilisateur de chaque patient sur le site Internet avec un identifiant et un mot de passe. Il a téléchargé et installé avec chaque patient l'application Thermactive et expliqué comment connecter le podomètre « Activi-T Band » (Terraillon®) et la balance connectée « Connected Scale » (Archos®) à l'application smartphone.

Les patients inclus dans le groupe Contrôle ont, quant à eux reçu, une brochure d'information sur l'APA et ses bienfaits, et un guide de conseils et d'exemples d'AP adaptées à leur pathologie (exemple *Annexe 8*).

### II.3 Les variables mesurées

Le critère d'évaluation principal de cette étude est l'atteinte des recommandations en AP évaluée par le questionnaire IPAQ court (*Annexe 9*). Les recommandations en AP sont de 150 minutes d'AP d'intensité modérée, soit 600 MET.min/sem.

Les données collectées par l'éducateur APA et le médecin thermal lors de l'inclusion étaient :

- Données générales : sexe, date de naissance et âge
- Anthropométrie : Poids, taille, tour de taille
- Antécédents : familiaux, chirurgicaux et médicaux
- Traitements médicaux

- Données socio-professionnelles : situation matrimoniale, économique, niveau d'étude et profession
- Cure : maladie chronique pour laquelle les patients avaient reçu une prescription pour la cure, le nombre d'ateliers d'AP, de nutrition ou d'éducation thérapeutique envisagés pendant la cure
- Condition physique : fréquence cardiaque de repos, test de marche de 6 minutes, force des membres inférieurs et supérieurs, souplesse et équilibre (*Annexe 7*)
- Epreuve d'effort à visée de dépistage cardiovasculaire (selon l'avis du médecin thermal)
- Activité physique et sédentarité : IPAQ (*Annexe 9*) et RPAQ (*Annexe 5 – Partie E*)
- Qualité de vie : SF12 (*Annexe 5 – Partie D*)
- Profils comportementaux : intention, motivation, douleurs articulaires et perception de la santé (*Annexe 5 – Partie A, B et C*)
- Connaissances et usages des TIC (*Annexe 4*)

Les tests de condition physique ont été effectués par le professionnel en APA et sont dérivés de la batterie européenne EUROFIT <sup>192</sup>. L'endurance a été évaluée par la distance parcourue lors du test de marche de six minutes <sup>161, 162</sup>. La force des membres supérieurs est mesurée par le test de flexion du bras avec des haltères de 2 kg pour les femmes et 3kg pour les hommes. La force des membres inférieurs est mesurée par le test debout/assis de 30 secondes, sans aide des bras, la souplesse par la flexion latérale du tronc et l'équilibre statique en chronométrant le temps passé en équilibre sur une jambe les yeux fermés <sup>90</sup>.

L'AP et la sédentarité ont été évaluées à l'aide de deux questionnaires complémentaires. L'IPAQ permet d'évaluer la quantité totale d'AP (MET.min/sem) incluant la marche et les activités d'intensité modérée et élevée au cours des sept derniers jours. Le temps de sédentarité est également évalué sur ce même temps <sup>144</sup>. Le RPAQ permet d'évaluer le temps passé assis, la quantité d'AP par domaine, à savoir l'AP réalisée pendant l'activité professionnelle, les déplacements, les activités domestiques et de loisir <sup>145</sup>. Cette évaluation est faite sur la période du mois qui précède l'enquête.

Les données anthropométriques, les douleurs articulaires, l'AP, la sédentarité, la qualité de vie et la pratique d'exercices physiques adaptés ont été collectées par téléphone sans connaître l'appartenance du patient au groupe d'étude, tous les deux mois après l'inclusion (Figure 44). Les intentions et les motivations ont été collectées par e-mail 6 et 12 mois après l'inclusion (Figure 44). Certaines données de suivi ont été collectées dans un premier temps par moi-même

(Novembre 2015 – Mars 2016), puis dans un second temps par l’attachée de recherche clinique, qui a mené l’étude. La personne chargée de l’entretien téléphonique ne connaissait pas l’appartenance au groupe d’étude des patients. L’ensemble de ces données ont été saisies et stockées dans le cahier d’observation électronique à l’aide du logiciel RedCap.

Pour les patients du groupe Intervention, les données d’utilisation du dispositif Thermactive (nombre de connexions, nombre de séances validées, nombre de pas, poids) ont été collectées tout au long de l’étude et stockées sur le serveur sécurisé et agréé hébergeur de santé de la société Orange.

Vingt-neuf patients des deux groupes ont téléchargé l’application eMouveRecherche pour quantifier objectivement les temps passés en immobilité, en activité d’intensité légère, modérée et élevée. Les données collectées ainsi que leurs traitements ont été gérés par moi-même. Les mesures ont été effectuées, sur quatre jours, en sortie de cure, puis 6 mois et 12 mois plus tard. Pour chaque journée, nous avons recommandé aux patients d’activer l’application entre 8h et 22h pour enregistrer des données d’activité pendant la période éveillée. Ainsi, pour chaque période de mesure, nous obtenons une durée totale d’enregistrement (minutes), une intensité moyenne de l’activité (MET.min<sup>-1</sup>), le temps de sédentarité (% et minutes), le temps passé en AP d’intensité légère (% et minutes), modérée (% et minutes) et élevée (% et minutes). Les pourcentages de temps ont été calculés par rapport à la durée totale d’enregistrement.

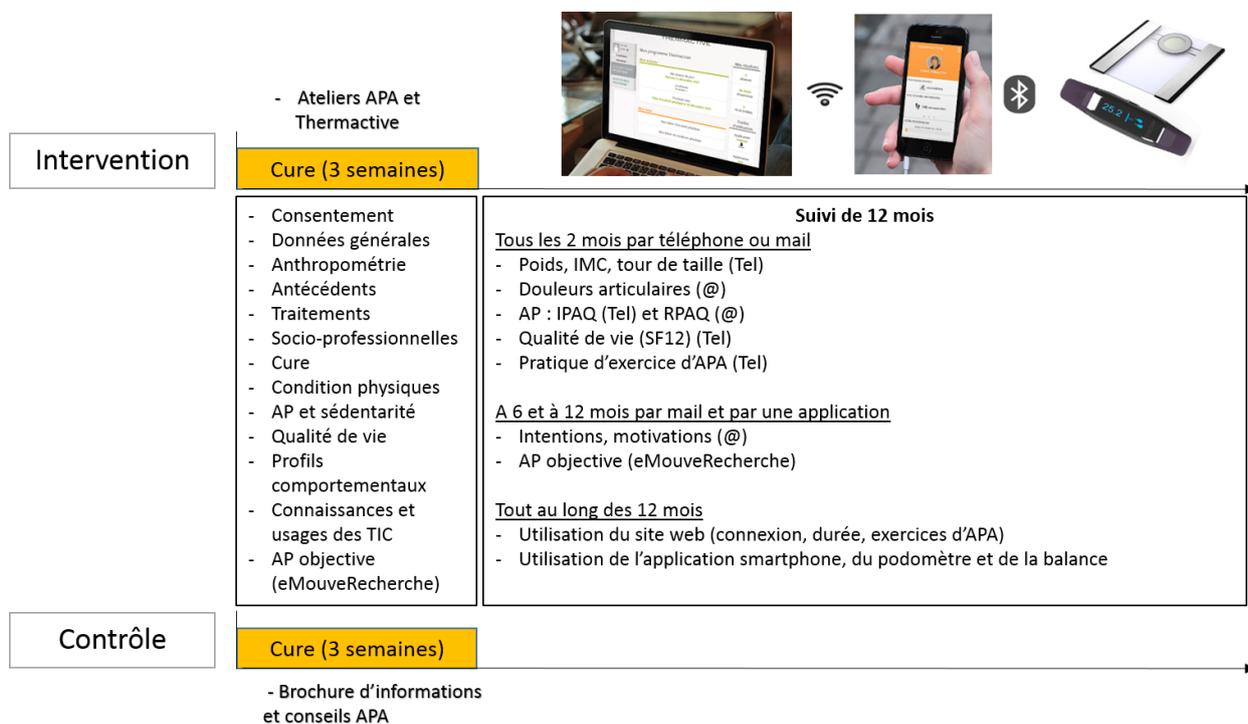


Figure 44 : Schéma expérimental de l’étude Thermactive

## II.4 Analyses statistiques

### II.4.1 Le nombre de sujets à inclure

Comme précédemment évoqué, Kolt et al. (2012) ont testé l'effet d'un programme d'AP basé sur l'utilisation d'un podomètre versus un programme basé sur les recommandations en AP [172](#). Leur étude, incluant des personnes âgées de plus de 65 ans, avait pour hypothèse qu'un podomètre associé à des conseils et à un suivi pourrait augmenter de 15% le nombre de sujets atteignant les recommandations par rapport à des conseils en AP délivrés de façon classique. L'étude Thermactive propose une hypothèse similaire : celle d'augmenter de 15% la proportion de sujets atteignant les recommandations en AP grâce à l'intervention (atelier et dispositif numérique). Ainsi, selon un test bilatéral de comparaison de deux proportions binomiales, pour une puissance de 90% et un risque alpha de 5%, le nombre nécessaire de sujets à inclure est de 462, soit 231 sujets dans chacun des groupes.

### II.4.2 Analyses statistiques des données collectées

Le traitement des données et en particulier leur nettoyage (retrait des données aberrantes) a été réalisé par Aurélien Mulliez, statisticien à la Délégation de la Recherche Clinique et de l'Innovation. L'analyse réalisée sera en intention de traiter, c'est-à-dire que tous les patients randomisés seront analysés dans leur bras de randomisation quelle que soit l'intervention reçue, leur suivi et leur observance. En cas de données manquantes, nous utiliserons une stratégie d'imputation des données manquantes. Cette analyse statistique n'a pas pu être effectuée au moment de finaliser le manuscrit de thèse. Elle sera réalisée ultérieurement.

Ainsi, les premières analyses statistiques présentées dans ce chapitre sont effectuées sur sous-échantillon de patients ayant réalisé la totalité de l'étude et ne tiennent pas compte des patients sortis de l'étude de façon anticipée. Ces analyses apportent donc des résultats préliminaires non définitifs.

#### II.4.2.1 Evaluation du critère principal

Le critère d'évaluation principal est évalué par l'IPAQ court. Ce questionnaire permet d'estimer les durées des comportements sédentaires (temps total assis, temps assis devant la TV et l'ordinateur) et la fréquence et la durée des activités physiques (marche, activité d'intensité modérée et élevée). Les données d'AP ont subi le prétraitement suivant pour être converties en MET.minute/semaine selon guide de traitement et d'analyse de l'IPAQ [193](#)

- Marche :  $3,3 * \text{durée} * \text{fréquence}$
- Activité d'intensité modérée :  $4,0 * \text{durée} * \text{fréquence}$

- Activité d'intensité élevée : 8,0 \*durée\* fréquence

Les durées en minutes et les fréquences en nombre de jour par semaine. Dans ce prétraitement, 3,3, 4 et 8 sont les valeurs de MET associées aux coûts des activités. Ainsi, le nombre total de MET pour l'ensemble des activités physiques est la somme des MET de la marche et des activités d'intensité modérée et élevée. La recommandation de 150 minutes d'AP d'intensité modérée par semaine est atteinte pour un total de 600 MET.min/semaine.

La comparaison des proportions de patients à atteindre les recommandations dans chacun des groupes est réalisée par le test du Khi-deux. Les quantités totales d'AP effectuées par les patients des deux groupes sont comparées par un test non paramétrique de Mann et Whitney puisque la distribution des données ne suit pas une loi normale.

#### *II.4.2.2 Evaluation d'un critère secondaire, la qualité de vie (SF12)*

Les réponses données au questionnaire SF12 ont été prétraitées comme expliqué dans l'*Annexe 5 – partie D* afin d'obtenir les scores des composantes physique (PCS) et mentale (MCS) de la qualité de vie <sup>166</sup>.

La distribution des données ne suit pas une loi normale, ainsi pour comparer les scores de qualité de vie physique et mentale, un test non paramétrique de Mann et Whitney a été choisi.

#### *II.4.3 L'évaluation objective de l'AP par eMouveRecherche*

Dans un travail précédent, nous avons montré que des sujets en surpoids passent en moyenne  $3,6\% \pm 3,4\%$  du temps total enregistré en activité d'intensité modérée, soit 28 minutes sur 13h20 <sup>140</sup>. A partir de ce résultat, selon un test bilatéral de comparaison de deux moyennes, pour une puissance de 90% et un risque alpha de 5%, 15 patients par groupe ont été estimés comme suffisants pour détecter une augmentation de 5% d'AP d'intensité modérée (soit 30 minutes) dans le groupe Intervention par rapport au groupe Contrôle. Ainsi 15 patients possédant un smartphone Android par groupe ont eu la possibilité de télécharger l'application eMouveRecherche. Un patient sur les 30 n'a pas réussi à paramétrer l'application eMouveRecherche. Afin d'étudier l'effet de la classe d'âge, nous avons scindé les patients en deux groupes ( $\leq 62$  ans et  $\geq 62$  ans) dont le seuil correspond à l'âge de départ à la retraite.

Nous avons effectué des tests du khi-deux sur les variables qualitatives (sexe, classe d'âge et statut pondéral) pour déterminer si les effectifs sont similaires dans les deux ou trois modalités de chacune des variables. Ensuite, pour les variables quantitatives, nous avons effectué des analyses de la variance de type GLM avec le logiciel SAS (version 9.4) en choisissant la

décomposition des sommes des carrés de type III adaptée aux plans d'expérience déséquilibré. Nous avons inclus en variables explicatives le groupe (Intervention ou Contrôle), le sexe (Homme ou Femme) et la classe d'âge ( $< 62$  ans et  $\geq 62$  ans). Lorsque l'un des facteurs était significatif, une comparaison des moyennes a été effectuée (option "LSmeans")

Les mesures ont été réalisées à trois reprises : à la sortie de la cure, puis 6 mois et 12 mois après. Ainsi nous avons effectué une analyse de la variance en mesures répétées et une MANOVA afin d'étudier d'une part l'évolution de l'AP au cours du temps, et d'autre part de comparer ces évolutions entre le groupe Intervention et le groupe Contrôle. Lorsque le test de sphéricité était très significatif, nous avons pris les résultats de la MANOVA, dans l'autre cas nous avons pris les résultats de l'analyse de la variance en mesures répétées.

Certains patients n'ayant pas réalisé la 3<sup>ème</sup> mesure à 12 mois, nous avons fait l'analyse de la variance sur les mesures à 0 et 6 mois avec un modèle emboîté afin de prendre en compte la variabilité interindividuelle au sein de chaque groupe. Le modèle d'analyse de la variance se décompose suivant deux facteurs et leur interaction : le groupe de suivi et le temps. L'effet du groupe a été testé par rapport à la variabilité individuelle. Les effets du temps et de l'interaction temps\*groupe ont été testés par rapport à l'erreur du modèle.

### III. Résultats

#### III.1 Les caractéristiques de la population totale de l'étude

Deux périodes d'inclusion ont eu lieu. La première (2015) a permis d'inclure 43 patients, et la seconde (2016), 187 patients. Ainsi, un total de 230 patients a été inclus, soit la moitié de l'effectif prévisionnel (462 sujets).

Parmi les 230 patients inclus, un patient dans chaque groupe a retiré son consentement. La population totale à l'inclusion est donc de 228 patients (Figure 45).

De plus, 22 et 36 patients des groupes Contrôle et Intervention, respectivement, n'ont pas répondu à la dernière enquête à 12 mois (Figure 45). Parmi ces 58 patients, 35 n'ont pas rempli la dernière enquête puisqu'ils sont sortis de l'étude de façon anticipée. Les raisons de la sortie de l'étude sont, pour 18 patients, liées à une décision personnelle (raison personnelle, suivi trop contraignant, départ à l'étranger...), et pour les 17 autres patients, liées à une décision médicale. Les sorties d'étude anticipées ont été consignées dans la base de données RedCap.

Ainsi, l'analyse du critère principal à 12 mois a été effectuée à partir des données des 170 patients ayant répondu au dernier entretien, dont 46% appartiennent au groupe Intervention.

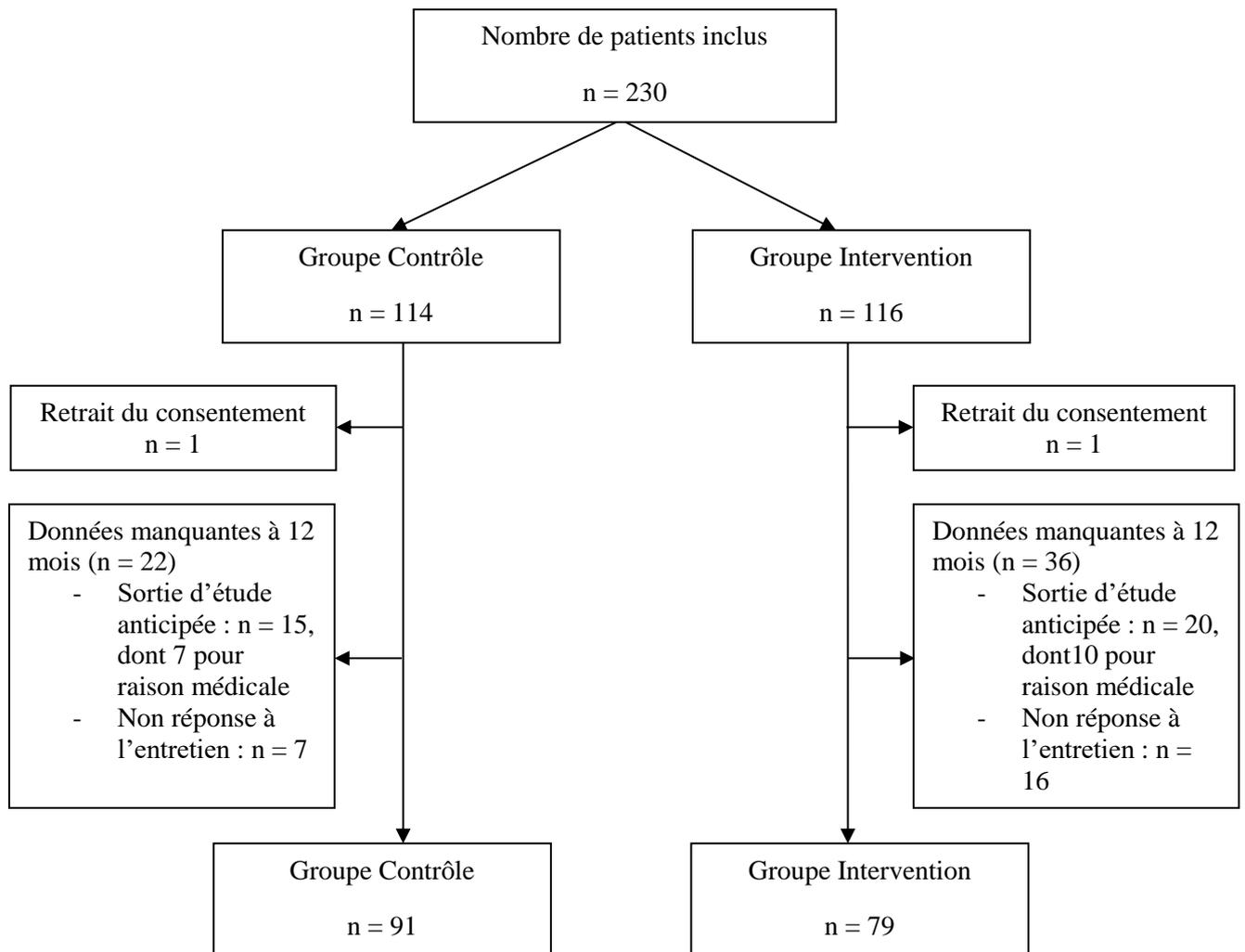


Figure 45 : Evolution des effectifs dans les groupes Contrôle et Intervention au cours de l'étude

Quel que soit le groupe, moins d'un patient sur quatre est un homme (Contrôle : 24% vs Intervention : 22%). Pour 20% et 32% des patients des groupes Contrôle et Intervention, respectivement, cette cure thermique est une première cure. Pour les autres patients, le nombre moyen de cures thermales déjà effectuées est de 4 dans chaque. Au cours de cette cure, 23% et 32% des patients des groupes Contrôle et Intervention ont déclaré avoir l'intention de participer à des ateliers d'AP ( $p = 0,014$ ). Précisons que ces ateliers sont optionnels dans la prise en charge thermique. Le nombre moyen d'ateliers d'AP envisagés au cours de ces trois semaines de cure, est de 11. Quel que soit le groupe, la maladie pour laquelle les patients ont été pris en charge est majoritairement l'arthrose (Contrôle : 74% vs Intervention : 71%). Enfin, il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes à l'inclusion sur les différents paramètres mesurés : âge, anthropométrie, capacités physiques et niveau d'AP (Tableau 14).

| Variables                             | Groupe contrôle<br>(n = 91) | Groupe<br>intervention (n =<br>79) |
|---------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Age moyen (années)                    | 62,3 ± 6,6                  | 62,3 ± 6,3                         |
| Poids (kg)                            | 76,7 ± 15,9                 | 76,2 ± 13,6                        |
| IMC (kg.m <sup>-2</sup> )             | 28,1 ± 4,4                  | 27,9 ± 3,7                         |
| Tour de taille (cm)                   | 96,4 ± 13,9                 | 94,9 ± 11,4                        |
| Fréquence cardiaque<br>de repos (bpm) | 70,6 ± 9,9                  | 69,5 ± 9,9                         |
| TM6M (m)                              | 459,1 ± 98,7                | 461,6 ± 92,6                       |
| Activité physique<br>(MET.min/sem)    | 547 ± 647                   | 526 ± 342                          |

Tableau 14 : Caractéristiques générales à l'inclusion des groupes Contrôle et Intervention (moyenne ± écart-type)  
 IMC : Indice de Masse Corporelle ; TM6M : Test de Marche de 6 Minutes, kg : kilogrammes, kg.m<sup>-2</sup> : kilogramme par mètre carré, cm : centimètre, bpm : battements par minutes, m : mètre, MET.min/semaine : nombre de MET par minutes par semaine

### III.2 Evolution de la proportion de patients atteignant les recommandations en AP (d'après l'analyse de l'IPAQ)

Lors de l'inclusion, il y a plus de patients dans le groupe Intervention à atteindre les recommandations en AP que dans le groupe Contrôle (Tableau 15). Six mois plus tard, il y a autant de patients actifs dans les deux groupes. A la fin de l'étude (à 12 mois), la proportion de patients qui atteignent les recommandations en AP, est plus grande dans le groupe Intervention que le groupe Contrôle (Tableau 15).

| Période | Atteinte des<br>recommandations | Contrôle (n<br>= 91) | Intervention<br>(n = 79) | $\chi^2$ | p     |
|---------|---------------------------------|----------------------|--------------------------|----------|-------|
| 0 mois  | Non                             | 75,8%                | 62,0%                    | 3,79     | 0,05  |
|         | Oui                             | 24,2%                | 38,0%                    |          |       |
| 6 mois  | Non                             | 29,4%                | 29,7%                    | 0,001    | 0,970 |
|         | Oui                             | 70,6%                | 70,3%                    |          |       |
| 12 mois | Non                             | 31,9%                | 17,8%                    | 4,48     | 0,03  |
|         | Oui                             | 68,1%                | 82,3%                    |          |       |

Tableau 15: Evolution de la proportion de patients atteignant les recommandations de 150 minutes d'AP d'intensité modérée par semaine au cours de l'étude

Des résultats similaires sont observés pour le niveau total d'AP (Tableau 16). Ainsi la quantité d'AP totale est similaire entre les groupes à l'inclusion (0 mois) et à 6 mois. En revanche, à la fin de l'étude, la quantité totale d'AP est significativement plus élevée dans le groupe

Intervention que dans le groupe Contrôle. Notons que la quantité totale d'AP a été multipliée par 2,3 et 3 entre le début et le milieu de l'étude dans les groupes Contrôle et Intervention, respectivement. L'évolution majeure du niveau d'AP a lieu au cours des deux premiers mois de l'étude, quel que soit le groupe (résultats non montrés). Entre 6 et 12 mois, la quantité totale d'AP est similaire dans les deux groupes.

| Période | Contrôle (n = 91) |         |            | Intervention (n = 79) |         |            | p    |
|---------|-------------------|---------|------------|-----------------------|---------|------------|------|
|         | Moyenne           | Médiane | Ecart-type | Moyenne               | Médiane | Ecart-type |      |
| 0 mois  | 547               | 396     | 647        | 526                   | 477     | 342        | 0,12 |
| 6 mois  | 1274              | 912     | 1189       | 1427                  | 1200    | 1242       | 0,36 |
| 12 mois | 1291              | 990     | 1160       | 1618                  | 1371    | 1238       | 0,02 |

Tableau 16 : Evolution de la quantité d'AP totale (MET.min/semaine) dans les groupes Contrôle et Intervention au cours de l'étude

### III.3 Evolution de la qualité de vie à 6 et 12 mois

Les composantes physique et mentale de la qualité de vie sont similaires entre les deux groupes à l'inclusion et 6 mois plus tard (Tableau 17). A la fin de l'étude, la qualité de vie physique est significativement plus élevée dans le groupe Intervention que dans le groupe Contrôle. La qualité de vie mentale augmente significativement entre T0 et T12 dans les deux groupes, de façon similaire ( $F = 6,47$  ;  $p = 0,0018$ ).

| Période | Qualité de vie | Contrôle<br>(n = 91) | Intervention<br>(n = 79) | p     |
|---------|----------------|----------------------|--------------------------|-------|
| 0 mois  | Physique       | 43,6 ± 8,6           | 43,4 ± 8,0               | 0,86  |
|         | Mentale        | 47,5 ± 9,2           | 48,4 ± 8,3               | 0,45  |
| 6 mois  | Physique       | 44,7 ± 10,4          | 46,9 ± 9,5               | 0,18  |
|         | Mentale        | 48,3 ± 8,7           | 48,6 ± 8,8               | 0,90  |
| 12 mois | Physique       | 45,0 ± 9,6           | 48,8 ± 7,4               | 0,008 |
|         | Mentale        | 51,5 ± 6,7           | 50,0 ± 6,5               | 0,15  |

Tableau 17 : Evolution des composantes physique et mentale de la qualité de vie dans les groupes Contrôle et Intervention au cours de l'étude (moyenne ± écart-type)

### III.4 Evolution du nombre de pas effectués dans le groupe Intervention

Les patients du groupe Intervention ont reçu lors de l'atelier de formation à l'utilisation du dispositif, un podomètre connecté communiquant avec l'application mobile Thermactive, afin de les encourager à pratiquer des activités non structurées telles que la marche. Parmi les 115 patients inclus dans le groupe Intervention, 53 patients ont utilisé le podomètre tout au long de

l'étude. Nous n'avons pas de mesure du nombre de pas effectué à l'inclusion, puisque le podomètre a été remis après celle-ci. Le nombre de pas moyen effectué pendant deux mois a été calculé à six périodes, correspondant à celles des enquêtes. Le Tableau 18 montre les moyennes des pas effectués pendant la 1<sup>ère</sup>, la 3<sup>ème</sup> et la 6<sup>ème</sup> période, correspondant à la période post-inclusion (post-cure), T6 et T12, respectivement. Les résultats montrent que le nombre moyen de pas effectués quotidiennement est élevé et relativement stable au cours de l'étude. Marshall et al. (2009) ont établi une équivalence entre le nombre de pas et la durée de la marche [194](#). Pour ces auteurs, 3000 pas représentent environ 30 minutes d'AP. Ces auteurs préconisent donc de faire au moins 3000 en 30 minutes, cinq jours par semaine. Selon ce moyen d'évaluation de l'AP, les 53 patients atteignent les recommandations d'AP à la première période de mesure. A la 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> période, certains ne les atteignent pas (< 3000 pas/jour) mais ils sont peu nombreux car le 1<sup>er</sup> quartile est supérieur à 7000 pas/jour, ce qui signifie que 75% des patients font plus de 7000 pas/jour, quelle que soit la période de l'étude.

| Période      | Moyenne | Ecart-type | Minimum | Maximum |
|--------------|---------|------------|---------|---------|
| 0 - 2 mois   | 10 744  | 3 541      | 5 093   | 20 051  |
| 4 - 6 mois   | 10 512  | 3 805      | 2 039   | 19 218  |
| 10 - 12 mois | 10 581  | 3 839      | 2 677   | 21 432  |

Tableau 18 : Evolution du nombre de pas quotidiens dans le groupe Intervention au cours de l'étude (n = 53)

### III.5 Evaluation objective de l'AP au moyen d'eMouveRecherche

#### III.5.1 Les caractéristiques des patients lors de la première mesure

Les 29 patients ayant utilisé l'application eMouveRecherche, sont âgés en moyenne de  $62,6 \pm 6,1$  ans. Ils se répartissent de façon homogène dans les deux classes d'âge (< 62 ans : 13 vs  $\geq 62$  ans : 16), dans les deux groupes d'étude (Intervention n = 16 vs Contrôle n = 13) et dans les trois statuts pondéraux (normal :  $IMC < 25 \text{ kg.m}^{-2}$ , n = 11 ; surpoids :  $25 \leq IMC < 30 \text{ kg.m}^{-2}$ , n = 13 ; obésité :  $IMC \geq 30$ , n = 5). Comme dans l'échantillon total, les femmes sont plus nombreuses que les hommes (22 vs 7 ;  $\chi^2 = 7,76$  ; p = 0,01).

L'analyse des variables qualitatives (Tableau 19) et quantitatives (Tableau 20) montre que les groupes Intervention et Contrôle sont homogènes. Seul le tour de taille tend à être plus élevé dans le groupe Intervention que dans le groupe Contrôle (F = 2,94 ; p = 0,099). La durée totale moyenne de l'enregistrement est de 13 heures par jour ce qui prend bien en compte les activités de la période éveillée. Les temps de sédentarité sont de 10 heures par jour en moyenne, sans différence entre les groupes. Les temps passés en activité d'intensité légère (environ 2 heures), modérée (environ 1 heure) et élevée (environ 12 minutes) ne sont pas différents entre les deux

groupes. Enfin, 62% des patients respectent les recommandations en AP dans les deux groupes, juste après l'inclusion.

|                 |                  | Intervention (%) | Contrôle (%) | $\chi^2$ | p    |
|-----------------|------------------|------------------|--------------|----------|------|
| Sexe            | Homme            | 19               | 31           | 0,57     | 0,45 |
|                 | Femme            | 81               | 69           |          |      |
| Centre          | Aix-les-bains    | 19               | 31           | 4,28     | 0,51 |
|                 | Amélie-les-bains | 13               | 0            |          |      |
|                 | Chaudes Aigues   | 38               | 31           |          |      |
|                 | Brides-les-bains | 0                | 8            |          |      |
|                 | Le Boulou        | 6                | 0            |          |      |
|                 | Vichy            | 25               | 31           |          |      |
| Statut pondéral | Normal           | 25               | 54           | 3,03     | 0,22 |
|                 | Surpoids         | 50               | 38           |          |      |
|                 | Obèse            | 25               | 8            |          |      |
| Classe d'âge    | < 62 ans         | 56               | 31           | 1,88     | 0,17 |
|                 | ≥ 62 ans         | 44               | 69           |          |      |

*Tableau 19 : Répartition des patients selon sexe, le centre thermal, le statut pondéral et la classe d'âge*

| Variables  | Groupes      |             | F    | p                 |
|--|--------------|-------------|------|-------------------|
|  | Intervention | Contrôle    |      |                   |
| Age (années)                                       | 63,3 ± 6,7   | 62,1 ± 5,8  | 0,62 | 0,44              |
| IMC (kg.m <sup>-2</sup> )                          | 28,6 ± 4,1   | 26,1 ± 3,5  | 2,87 | 0,10              |
| Tour de taille (cm)                                | 100,6 ± 12,6 | 92,6 ± 14,4 | 2,94 | 0,09 <sup>t</sup> |
| Fréquence cardiaque de repos (bpm)                 | 66,5 ± 8,2   | 64,4 ± 9,8  | 0,39 | 0,54              |
| TM6M (m)   | 487 ± 77     | 509 ± 95    | 0,60 | 0,44              |
| Vitesse de marche (m.s <sup>-1</sup> )             | 1,3 ± 0,2    | 1,4 ± 0,3   | 0,60 | 0,44              |
| Durée Totale enregistrée (min.jr <sup>-1</sup> )   | 773 ± 125    | 784 ± 77    | 0,51 | 0,48              |
| Intensité moyenne de l'AP (MET.min <sup>-1</sup> ) | 1,98 ± 0,3   | 2,00 ± 0,6  | 0,02 | 0,88              |
| Sédentarité (% du temps d'enregistrement)          | 76 ± 14      | 76 ± 13     | 0,00 | 0,99              |
| AP légère (% du temps d'enregistrement)            | 18 ± 14      | 14 ± 8      | 0,60 | 0,44              |
| AP modérée (% du temps d'enregistrement)           | 5 ± 2        | 7 ± 5       | 1,39 | 0,25              |
| AP élevée (% du temps d'enregistrement)            | 1 ± 1        | 3 ± 4       | 2,19 | 0,15              |
| Sédentarité (min.jr <sup>-1</sup> )                | 593 ± 155    | 602 ± 120   | 0,03 | 0,87              |
| AP légère (min.jr <sup>-1</sup> )                  | 140 ± 107    | 115 ± 67    | 0,43 | 0,52              |
| AP modérée (min.jr <sup>-1</sup> )                 | 39 ± 20      | 53 ± 19     | 1,62 | 0,21              |
| AP élevée (min.jr <sup>-1</sup> )                  | 5 ± 7        | 19 ± 32     | 2,46 | 0,13              |

Tableau 20 : Influence du groupe sur les caractéristiques anthropométriques, la capacité physique et les durées de sédentarité, et d'activités d'intensité légère, modérée et élevée (moyenne ± écart-type)

IMC : Indice de Masse Corporelle ; TM6M : Test de Marche de 6 Minutes, kg : kilogrammes, kg.m<sup>-2</sup> : kilogramme par mètre carré, cm : centimètre, bpm : battements par minute, m : mètre, m.s<sup>-1</sup> : mètre par seconde, MET.min<sup>-1</sup> : nombre de MET par minute, min.jr<sup>-1</sup> : minutes par jour

La classe d'âge influence significativement la capacité physique d'endurance (distance parcourue et vitesse de marche) (F = 10,7 ; p = 0,003). Les patients les plus jeunes parcourent une distance plus grande, à une vitesse de marche plus élevée (545 m et 1,5 m.s<sup>-1</sup>) que les plus âgés (451 m et 1,2 m.s<sup>-1</sup>). Le seuil de mobilité réduite est défini par une vitesse de marche inférieure à 0,8 m.s<sup>-1</sup>. Ainsi, aucun des 29 patients étudiés n'a une mobilité réduite. En effet, l'un des critères d'exclusion était la présence d'une pathologie invalidante de l'appareil locomoteur.

L'analyse des coefficients de corrélation entre les variables montre que l'âge, l'IMC et le tour de taille sont négativement corrélés à la distance parcourue en six minutes (r = -0,48, p = 0,007 ; r = -0,44 ; p = 0,02 ; r = -0,50, p = 0,005 ; respectivement). La fréquence cardiaque de repos est tendanciellement négativement corrélée à la distance parcourue en six minutes (r = -0,33, p = 0,077). L'IMC et le tour de taille sont inversement corrélés au temps passé en AP d'intensité

légère ( $r = -0,56$ ,  $p = 0,001$  ;  $r = -0,49$ ,  $p = 0,006$ , respectivement), mais positivement corrélés avec le temps de sédentarité exprimées en % de temps total enregistré ( $r = 0,53$ ,  $p = 0,003$  ;  $r = 0,48$ ,  $p = 0,008$  ; Figure 46)

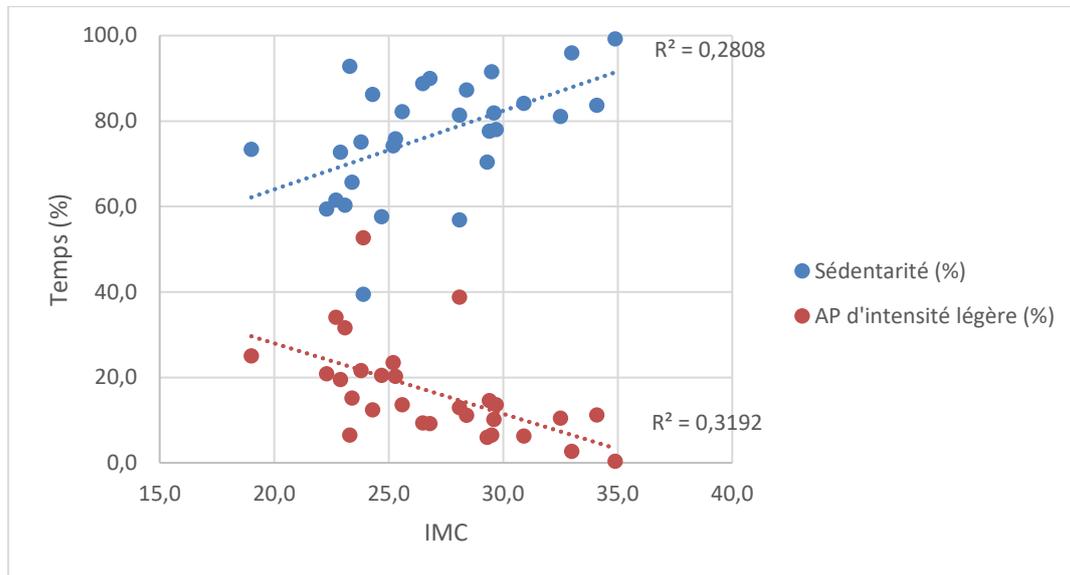


Figure 46 : Relation linéaire entre l'IMC et le temps de sédentarité (%) ou l'AP d'intensité légère (%)  
 $r \neq 0$  si  $|r| > 0,35$ .

Les activités d'intensité modérée et élevée ne sont pas reliées à l'IMC, ni au tour de taille, ni à la fréquence cardiaque de repos.

La durée totale enregistrée (minutes) est positivement corrélée au temps passé en comportements sédentaires (minutes). Ainsi lorsque la durée totale d'enregistrement croît, celle de la sédentarité augmente aussi ( $r = 0,55$ ,  $p = 0,002$ ), ce qui n'est pas le cas des autres catégories d'activités. L'âge n'est pas corrélé avec le temps passé en comportement sédentaire ou en activité d'intensité modérée ou élevée. Par contre l'âge est tendanciellement et inversement corrélé avec la durée des activités d'intensité légère ( $r = -0,35$  ;  $p = 0,06$ ). Plus les patients sont âgés et moins ils font d'activités d'intensité légère.

En résumé l'IMC et/ou le tour de taille sont liés à la fréquence cardiaque de repos, aux capacités physiques d'endurance (TM6M) et au temps passé assis et en AP d'intensité légère.

### III.5.2 L'évolution des données anthropométriques et de l'AP au cours de l'étude

La mesure objective de l'AP via eMouveRecherche a été réalisée au retour à domicile après la cure thermique, à T6 et T12. Lors de la première mesure (T0), 29 patients ont effectué les mesures. Six mois et 12 mois plus tard, sept patients et 14 patients ont abandonné les mesures. Ainsi, l'analyse a été effectuée sur un échantillon de 22 patients, dont 59% sont dans le groupe

Intervention, pendant les six premiers mois (T0 et T6) car trop d'abandons sont à déplorer à la fin de l'étude (T12). A T12, nous donnerons une estimation de l'évolution.

Les résultats montrent que le tour de taille des patients a évolué différemment entre l'inclusion et 6 mois plus tard, selon le groupe d'étude ( $F = 6,19$  ;  $p = 0,026$ ). Le groupe Intervention présente une diminution significative du tour de taille au cours des 6 premiers mois (100 cm vs 91,8 cm) alors que le groupe Contrôle ne modifie pas son tour de taille. Notons que lors de la première mesure, le groupe Intervention tend à avoir un tour de taille plus élevé que le groupe Contrôle (100 cm vs 92 cm, respectivement).

L'intensité moyenne des activités est également influencée par le temps en interaction avec le groupe ( $F = 6,50$  ;  $p = 0,019$ ). Le groupe Contrôle montre une diminution de l'intensité moyenne des activités exprimée en  $\text{MET} \cdot \text{min}^{-1}$ , alors que le groupe Intervention maintient cette intensité (Figure 47). A 6 mois l'intensité des activités du groupe Intervention est significativement plus élevée que celle du groupe Contrôle.

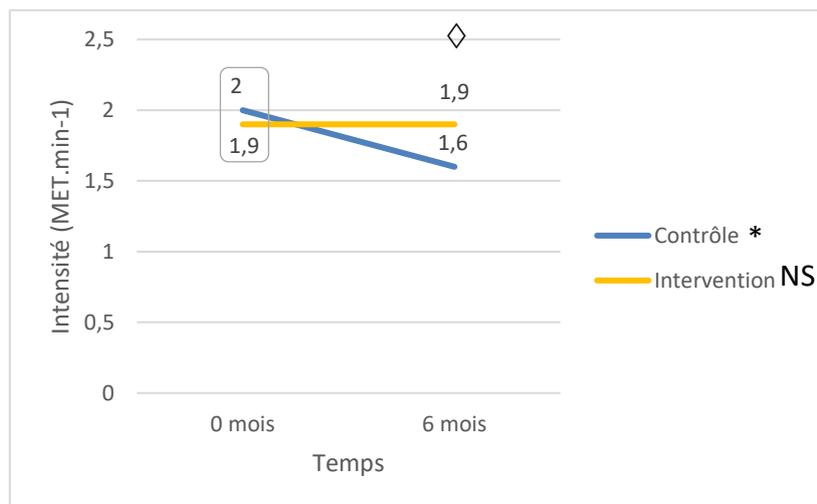


Figure 47 : Effet du temps et du groupe sur l'intensité moyenne ( $\text{MET} \cdot \text{min}^{-1}$ )  
 Effet du temps : NS : non significatif, \* :  $p < 0,05$  ; Effet du groupe :  $\diamond$  :  $p < 0,05$  – Les moyennes entourées sont non significativement différentes

L'intensité des activités est étroitement liée aux temps passés dans les quatre catégories d'AP. Ainsi, le temps dédié aux AP d'intensité modérée évolue également différemment dans les deux groupes ( $F = 4,5$  ;  $p = 0,047$ ). On note une interaction tendancielle du temps avec le groupe pour les comportements sédentaires ( $F=2,96$ ,  $p = 0,10$ ). Ainsi les patients du groupe Contrôle passent plus de temps assis à T6 qu'à T0 (84% vs 77% du temps total d'enregistrement) alors que le groupe Intervention a un comportement stable (78% vs 76%). De plus, le groupe Contrôle diminue le pourcentage de temps dédié aux AP d'intensité modérée, alors que le groupe Intervention maintient la même durée (Figure 48). Selon cet outil de mesure objective de l'AP,

67% et 54% des patients des groupes Contrôle (n = 9) et Intervention (n = 13), respectivement, pratiquent au moins 30 minutes d'AP d'intensité modérée par jour, lors du retour au domicile. Six mois plus tard, respectivement 44% et 46% des patients des groupes Contrôle et Intervention, atteignent toujours les recommandations.

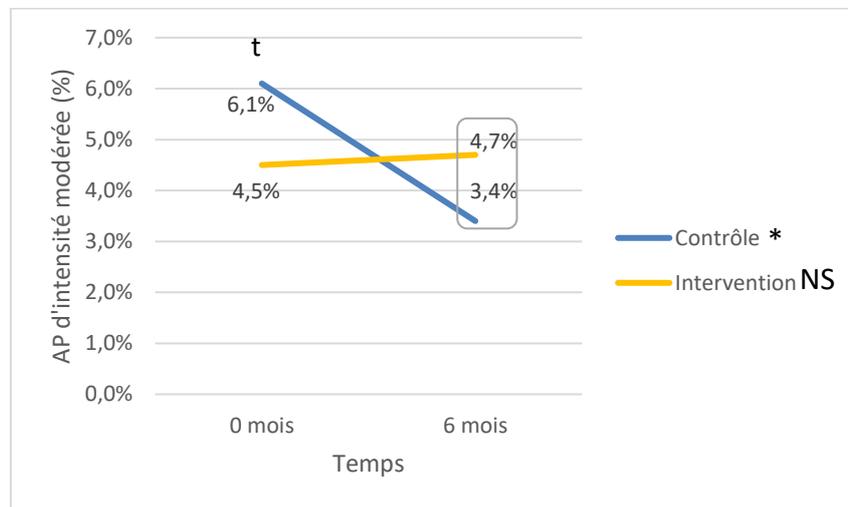


Figure 48 : Effet du temps et du groupe sur l'AP d'intensité modérée (%)

Effet du temps : NS : non significatif, \* :  $p < 0,05$  ; Effet du groupe : t :  $p = 0,07$  – Les moyennes entourées sont non significativement différentes

Enfin les activités d'intensité élevée évoluent aussi de façon différente entre les deux groupes ( $F = 5,71$  ;  $p = 0,027$ ). On constate une diminution significative dans le groupe Contrôle et un maintien dans le groupe Intervention. Initialement le groupe Contrôle a un temps dédié aux AP d'intensité élevée plus grand que celui du groupe Intervention (19 minutes vs 3 minutes, respectivement).

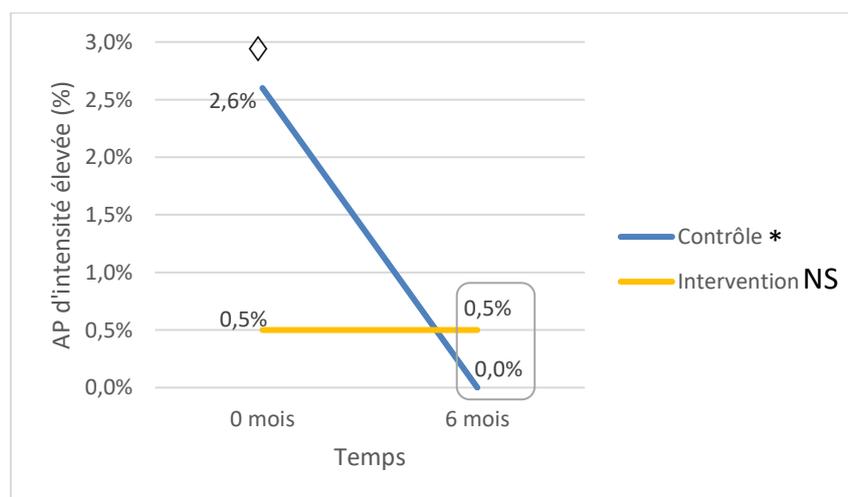


Figure 49 : Effet du temps et du groupe sur l'AP d'intensité élevée (%)

Effet du temps : NS : non significatif, \* :  $p < 0,05$  ; Effet du groupe : ◇ :  $p < 0,05$  – Les moyennes entourées sont non significativement différentes

A 12 mois, 15 patients (Contrôle n = 7 ; Intervention n = 8) ont effectué les mesures d'AP. La tendance est qu'il n'y a pas de différence de durée de sédentarité (Contrôle 75,8% Intervention 73,6%), d'activité d'intensité légère (Contrôle : 16,1% Intervention : 21,0%), modérée (Contrôle : 6,3%, Intervention : 5,9%), et élevée (Contrôle : 1,6% Intervention : 0,2%) entre les deux groupes. Au regard des recommandations, 57% et 50% respectivement dans les groupes Contrôle et Intervention atteignent le seuil de 30 minutes d'AP modérée par jour. L'absence de signification entre les deux groupes peut être attribuable à l'effectif incomplet à ce dernier stade de l'enquête.

#### IV. Discussion et conclusion

L'objectif de ce travail était d'étudier l'efficacité d'une intervention, comprenant un atelier d'informations sur l'APA, réalisé au cours d'une cure thermale, associé à l'utilisation du dispositif numérique Thermactive pendant 12 mois sur l'atteinte des recommandations en AP, chez 462 patients porteurs d'une maladie chronique.

L'hypothèse que l'intervention permette d'augmenter la proportion de patients à atteindre les recommandations de 150 minutes d'AP d'intensité modérée par semaine de 15% par rapport au groupe Contrôle ne peut pas être confirmée, ni réfutée tant que les analyses statistiques complètes n'auront pas été faites.

Les analyses statistiques effectuées au moment de finaliser ce manuscrit ne tiennent pas compte des données manquantes et des sorties d'étude anticipées. Les données issues d'un sous-groupe de population ne peuvent pas être extrapolées à l'ensemble de la population. Les résultats présentés dans ce chapitre sont des résultats préliminaires acquis sur 170 patients ayant répondu au dernier entretien. Il semblerait qu'un support d'information en APA (atelier ou brochure) remis pendant une cure thermale suivi ou non d'un accompagnement personnalisé à l'aide d'un dispositif numérique permette d'augmenter le niveau d'AP déclarée chez des patients atteints de maladie chronique à 12 mois, avec un effet supérieur du dispositif numérique par rapport à la brochure.

Une imputation des données manquantes sera effectuée afin de réaliser l'analyse en intention de traiter permettant de prendre en compte les 228 patients qui ont participé à l'étude, même s'ils n'ont pas effectué la totalité de l'étude.

Par ailleurs, une mesure objective de l'AP a été effectuée à l'aide de l'application eMouveRecherche sur un échantillon de 30 patients. La taille de cet échantillon avait été

calculée pour mettre en évidence une augmentation de 5% du temps d'AP d'intensité modérée entre les deux groupes. A 6 mois, le pourcentage de temps passé en AP d'intensité modérée est similaire entre les deux groupes. Ainsi, l'hypothèse d'augmenter de 5% la durée des AP d'intensité modérée dans le groupe Intervention par rapport au groupe Contrôle est réfutée à ce stade du suivi. Toutefois à 6 mois l'intensité moyenne des activités est significativement supérieure dans le groupe Intervention que dans le groupe Contrôle. Néanmoins, nous n'avons pas pu analyser les données à la fin de l'étude en raison des abandons (48%).

#### Les forces et les limites de notre étude

La force de cette étude est d'avoir comparé l'effet de deux dispositifs, l'un associant un atelier dédié aux bienfaits de l'APA plus un dispositif numérique interactif pendant 12 mois et l'autre au format papier (remis au cours de la cure), sur l'atteinte des recommandations en AP à 12 mois chez des patients atteints de maladies chroniques et ayant suivi une cure thermale. En effet peu d'études ont un suivi aussi prolongé avec un dispositif connecté promouvant l'AP, et accessible au domicile des patients. La population étudiée est celle des patients atteints de maladies chroniques, pour lesquels l'AP fait partie de la prise en charge thérapeutique non médicamenteuse de leur pathologie <sup>98</sup>. Cette population est potentiellement ouverte aux TIC, puisqu'elle possède un ordinateur avec un accès régulier à Internet et un smartphone connecté (critères d'inclusion). Ainsi elle est donc favorable à l'utilisation du dispositif Thermactive dans le cadre de l'AP, à partir du moment où celui-ci est expliqué et mis en main.

Cette étude présente cependant des limites. Premièrement, l'évaluation du critère principal repose sur des données auto-déclarées par les patients lors des divers entretiens. Comme souligné précédemment, les réponses aux questionnaires sont subjectives et peuvent être biaisées car l'estimation du temps passé dans les différents domaines d'activité est complexe. Une mesure objective de l'AP serait recommandée mais serait plus coûteuse à réaliser dans les conditions d'étude (nombre de sujets, diversité géographique, durée de suivi). Il aurait été aussi pertinent de mesurer la capacité physique d'endurance à chaque période de mesures témoignant de l'évolution ou de la stagnation du niveau d'AP. Mais cela aurait été impossible dans les conditions d'étude précédemment citées.

Deuxièmement, les patients recrutés à l'inclusion dans les centres thermaux ne sont pas tous physiquement inactifs. L'un des critères d'inclusion était de « pratiquer moins de 150 minutes d'AP d'intensité modérée par semaine ». Nous avons recruté des professionnels en APA pour réaliser la pré-sélection des curistes sur plusieurs critères et notamment le niveau d'AP

hebdomadaire. Les professionnels en APA posaient lors de la pré-sélection un certain nombre de questions standardisées aux curistes pour évaluer leur AP hebdomadaire (heures de ménage, de jardinage, marche, activités sportives). A ce stade de pré-sélection, ils ne répondaient pas à l'IPAQ qui était posé par les professionnels en APA lors de la visite d'inclusion. Or, selon l'IPAQ, les curistes étaient 31% à être actifs dès l'inclusion. Deux hypothèses peuvent être émises : les curistes ont sous-déclaré leur AP lors de la pré-sélection car ils souhaitaient participer à l'étude, ou bien, ils ont surestimé leur AP en répondant à l'IPAQ lors de l'inclusion. Un effet différent du dispositif pourrait être observé si tous les patients avaient été réellement inactifs.

Troisièmement, la modalité d'administration du questionnaire évaluant le critère principal est différente entre l'inclusion et pendant les 12 mois de suivi. Comme mentionné plus haut, ce ne sont pas les mêmes enquêteurs qui ont réalisé les entretiens, et ils ne sont pas effectués dans les mêmes conditions (en face-à-face puis au téléphone). Une procédure homogène tout au long de l'étude, par exemple en utilisant des questionnaires en ligne remplis par le patient, pourrait être une alternative envisageable. Néanmoins le suivi en ligne pourrait augmenter le nombre d'abandons.

Enfin, sur les 462 patients prévus initialement, seulement 228 ont été inclus. Cette difficulté de recrutement est tout d'abord liée à l'absence partielle ou totale d'un professionnel en APA au sein de chaque centre thermal. Ainsi, à Eugénie-les-bains le recrutement tardif d'un professionnel en APA ainsi que le niveau d'AP élevé des curistes n'a pas permis d'inclure de patient. De plus, la charge de travail des médecins thermaux pendant la saison des cures a limité le nombre de visites d'inclusion. En effet, les centres thermaux où plusieurs médecins étaient disponibles pour cette étude, ont pu inclure un nombre de patients proche de l'effectif prévisionnel. A l'inverse, les centres thermaux ne disposant que d'un seul médecin ont été en réelle difficulté pour inclure. Par ailleurs, les études multicentriques impliquant de nombreux acteurs sont difficiles à coordonner à distance.

La suite de ce travail sera d'effectuer l'analyse en intention de traiter afin de conclure sur l'efficacité de l'intervention par rapport à la brochure sur le niveau d'AP des patients. L'analyse de l'influence des deux dispositifs (Atelier APA+Thermactive vs brochure) sur les intentions et les motivations à changer de comportements aux différentes périodes de l'étude sera effectuée. Un niveau élevé de motivation autonome et un ancrage solide dans le stade de

maintien comportemental seraient des indicateurs favorables témoignant de l'efficacité de l'intervention.

---

## Conclusion générale et perspectives

---

L'objectif global de ces travaux de recherche était de déterminer si les Technologies de l'Information et de la Communication pouvaient être un support de promotion de l'Activité Physique chez des patients atteints d'une pathologie chronique.

Notre travail a d'abord consisté à réaliser une revue systématique des revues étudiant l'efficacité des interventions utilisant les TIC pour accroître le niveau d'AP chez des patients atteints de maladie chronique. A l'issue de cette première partie, il est difficile de conclure à l'efficacité supérieure des interventions utilisant les TIC par rapport à la prise en charge classique en AP, pour diverses raisons. Les revues sont peu nombreuses et les interventions sont très hétérogènes dans les technologies et la mesure de l'AP utilisées, ainsi que la durée. Toutefois les études qui utilisent plusieurs moyens/outils (site web, emails, smartphone) semblent plus efficaces que celles qui n'en utilisent qu'un. Les raisons de l'inefficacité pourraient être liées à la méconnaissance, au désintérêt ou au rejet des TIC. Dans la plupart des études, les auteurs n'ont pas évalué l'utilisation, ni l'acceptation des technologies par les patients. Pourtant la réussite d'une intervention en dépend. Nous avons donc fait une enquête sur l'acceptation des TIC dans une population de patients atteints de maladie chronique. Nous les avons interrogés sur leurs connaissances et leurs attitudes vis à vis des TIC et des applications en santé. Les patients interrogés dans le cadre de ces travaux de thèse (étude Connaiss-Tic) ont tous un accès à Internet mais ont des connaissances partielles dans le domaine des TIC. Par ailleurs seulement un patient sur deux est favorable à la e-santé, et un sur trois a un avis mitigé sans être fermement opposé. Les patients sont favorables à ces technologies quand ils les perçoivent comme pratiques, en particulier quand elles facilitent le suivi (dossier médical partagé) et l'accompagnement de la prise en charge. Les patients défavorables émettent des réserves concernant la complexité des TIC, la confidentialité et la sécurité des données. En conclusion, cette population est modérément favorable à l'utilisation des TIC dans le domaine de la santé. Cette population, qui est une cible privilégiée de la e-santé, est en demande d'être rassurée à propos des TIC et d'être formée par du personnel médical à ces nouveaux outils. Il est alors indispensable, i) d'interroger les patients sur leurs préférences en terme de technologie utilisée (site Web, e-mail, SMS, appel téléphonique) et de fréquences de notifications/rappels, et ii) de former les patients à l'utilisation des dispositifs médicaux intégrant des TIC et de les rassurer à propos de la sécurisation des données.

Nous avons ensuite étudié l'impact d'une prise en charge thérapeutique par l'AP de 3 mois combinée à la remise d'un podomètre, sur l'amélioration des intentions et de la motivation à pratiquer l'AP, ainsi que de la perception de la santé générale (étude Motivactif). Le réentraînement s'est avéré très efficace pour mobiliser/motiver les patients vis-à-vis de l'AP. De plus l'augmentation du niveau d'AP a un effet positif global sur l'état de santé, les capacités physiques et la qualité de vie des patients. Toutefois, trois mois après le réentraînement certains signes de régression/détérioration sont perceptibles, malgré la remise d'un podomètre. Qu'en sera-t-il un an, ou deux après la fin du programme de réentraînement ? Les patients enquêtés à ce même stade de suivi, ont des profils similaires à ceux n'ayant pas suivi le programme de réentraînement. Ceci suggère que sans accompagnement après le réentraînement, les patients perdent les bénéfices de celui-ci. La remise d'un podomètre sans objectif précis ne suffit pas à remobiliser les patients dans la reprise du processus de changement de comportement, 12 ou 24 mois après la fin du programme de réentraînement.

Dans ces conditions, se pose la question de l'intérêt de proposer un programme de prise en charge thérapeutique par l'AP à des patients dont le profil intentionnel et motivationnel n'est pas en faveur d'un changement de comportement sur le long terme. Il serait plus pertinent d'avoir en amont de la prise en charge thérapeutique par l'AP une phase de préparation « mentale et comportementale » axée sur les intentions et les motivations vis-à-vis de l'AP. Cette phase pourrait également être centrée sur l'identification des freins à la pratique de l'AP, sur les attentes, et notamment les bénéfices qui découlent de l'AP, et la recherche de solutions pour lever les freins. Elle devrait prendre en compte le mode de vie, les intentions, les motivations à changer de comportement, et la perception de l'état de santé générale du patient.

Cette phase de préparation pourrait être proposée à un moment où le patient est disponible et apte à repenser son mode de vie. La cure thermale est un moment privilégié pour la réhabilitation et la rééducation des patients atteints de maladie chronique. Ainsi nous nous sommes interrogés sur l'effet au cours d'une cure d'une information sur l'APA et la mise en main d'un dispositif numérique promouvant l'AP sur le long terme (12 mois). Dans cette étude l'efficacité de l'atelier et du dispositif numérique Thermactive a été évaluée par rapport à celle d'une brochure de conseils et d'exercices physiques, sur l'atteinte des recommandations en AP. Les patients arrivés au terme des 12 mois de suivi et ayant bénéficié d'une intervention en APA associant un atelier et un dispositif numérique semblent plus nombreux à atteindre les recommandations en AP que ceux ayant reçu une brochure. Ainsi ce travail met en avant le potentiel d'un suivi régulier pour stimuler les patients atteints de maladie chronique. Ce suivi

régulier peut prendre différentes formes selon les préférences individuelles : accompagnement numérique, en face-à-face ou en groupe.

Ces travaux de recherche proposent des pistes d'amélioration de la prise en charge thérapeutique par l'AP, notamment en proposant une phase préparatoire et différents dispositifs d'accompagnement en AP pour les patients atteints de pathologie chronique. Même si l'efficacité des TIC en tant que support de promotion de l'AP pour ces patients n'est pas encore confirmée, ces outils ont un fort potentiel pour informer, motiver, proposer des exercices, prendre conscience des comportements, avoir du soutien social et réunir les individus pour agir en groupe. Ils peuvent aussi aider au suivi des patients et pourraient être utilisés pour renforcer et/ou réamorcer la prise en charge (consultation, prise en charge courte...) en cas de diminution de l'AP. De plus la promotion de l'AP nécessite un cadre favorable : environnemental (aménagement de zones piétonnes, de voies cyclables dans les villes et l'accès facile aux infrastructures proposant des AP dans la vie quotidienne), familial et/ou relationnel (soutien de l'entourage), professionnel. Le changement comportemental s'il n'est pas solidement motivé et encouragé, reste difficile à atteindre et encore plus à maintenir. Pour ces raisons, non seulement la prise en charge par l'AP mais aussi la prévention des comportements sédentaires doivent être envisagées sous un angle médical, sociologique, environnemental et technologique.

## REFERENCES

1. Chauveau P, et al. Évolution de l'alimentation du paléolithique à nos jours : progression ou régression ? *NEPHROL THER.* 2013; 9: 202-8.
2. Cordain L, et al. Physical activity, energy expenditure and fitness: an evolutionary perspective. *Int J Sports Med.* 1998; 19: 328-35.
3. Raichlen DA, et al. Physical activity patterns and biomarkers of cardiovascular disease risk in hunter-gatherers. *Am J Hum Biol.* 2017; 29.
4. Ryan TM and Shaw CN. Gracility of the modern Homo sapiens skeleton is the result of decreased biomechanical loading. *PNAS.* 2015; 112: 372-7.
5. Nowlan NC, et al. Smaller, weaker, and less stiff bones evolve from changes in subsistence strategy. *Osteoporos Int.* 2011; 22: 1967-80.
6. Armelagos GJ, et al. The origins of agriculture: Population growth during a period of declining health. *Population and Environment.* 1991; 13: 9-22.
7. Larsen CS. Animal source foods and human health during evolution. *J Nutr.* 2003; 133: 3893s-7s.
8. Ng SW and Popkin BM. Time use and physical activity: a shift away from movement across the globe. *Obes Rev.* 2012; 13: 659-80.
9. Arnaudo B, et al. L'évolution des risques professionnels dans le secteur privé entre 1994 et 2010: premiers résultats de l'enquête SUMER DARES. 2012: 1-10.
10. Caspersen CJ, et al. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep.* 1985; 100: 126-31.
11. Khan KM, et al. Sport and exercise as contributors to the health of nations. *Lancet.* 2012; 380: 59-64.
12. Tremblay M. Letter to the editor: standardized use of the terms "sedentary" and "sedentary behaviours". *Appl Physiol Nutr Metab.* 2012; 37: 540-2.
13. Chau JY, et al. Daily Sitting Time and All-Cause Mortality: A Meta-Analysis. *PLoS ONE.* 2013; 8: e80000.
14. ANSES. Actualisation des repères du PNNS - Révision des repères relatifs à l'activité physique et à la sédentarité. 2016.
15. Physical Activity Guidelines Advisory Committee report, 2008. To the Secretary of Health and Human Services. Part A: executive summary. *Nutr Rev.* 2009; 67: 114-20.
16. Hardman AE. Issues of fractionization of exercise (short vs long bouts). *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33: S421-7; discussion S52-3.
17. Loyen A, et al. Sedentary Time and Physical Activity Surveillance Through Accelerometer Pooling in Four European Countries. *Sports Medicine.* 2017; 47: 1421-35.
18. Schulz LO and Chaudhari LS. High-Risk Populations: The Pimas of Arizona and Mexico. *Curr Obes Rep.* 2015; 4: 92-8.
19. Fardet A. *Halte aux aliments ultratransformés.* Thierry Soucard ed. 2017.
20. OECD/EU. *Health at a Glance: Europe 2014.* OECD Publishing.
21. WHO. World Health Statistics 2016. *WHO Library.* 2016.
22. WHO. World Health statistics 2014. *WHO Library.* 2014.
23. Eurostat. Healthy life years statistics. 2017.
24. Fuhrman C. Surveillance épidémiologique de la multimorbidité. Revue bibliographique. *Institut de veille sanitaire.* 2014: 22.
25. WHO. Global status report on non communicable disease. *WHO Library.* 2014.
26. Bloom D, et al. The Global Economic Burden of Noncommunicable Diseases. Geneva: World Economic Forum. 2011.
27. Santé Publique France. L'état de santé de la population en France. Rapport 2017. . *Santé Publique France.* 2017.
28. Soriano JB, et al. Global, regional, and national deaths, prevalence, disability-adjusted life years, and years lived with disability for chronic obstructive pulmonary disease and asthma,

- 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *The Lancet Respir Med.* 5: 691-706.
29. Seuring T, et al. The Economic Costs of Type 2 Diabetes: A Global Systematic Review. *Pharmacoeconomics.* 2015; 33: 811-31.
  30. WHO. Global report on diabetes. *WHO Library.* 2016.
  31. Ezzati M. Worldwide trends in diabetes since 1980: a pooled analysis of 751 population-based studies with 4.4 million participants. *Lancet.* 2016; 387: 1513-30.
  32. WHO. Noncommunicable diseases country profile. *WHO Library.* 2014.
  33. Development) OOfEC-oa. Obesity update 2017. 2017.
  34. Fine LJ, et al. Prevalence of multiple chronic disease risk factors. 2001 National Health Interview Survey. *Am J Prev Med.* 2004; 27: 18-24.
  35. Knoops KT, et al. Mediterranean diet, lifestyle factors, and 10-year mortality in elderly European men and women: the HALE project. *JAMA.* 2004; 292: 1433-9.
  36. Khaw KT, et al. Combined impact of health behaviours and mortality in men and women: the EPIC-Norfolk prospective population study. *PLoS Med.* 2008; 5: e12.
  37. WHO. Global Health Risks : Mortality and burden of disease attributable to selected major risks. *WHO Library.* 2009.
  38. Saunders TJ, et al. Sedentary behaviour as an emerging risk factor for cardiometabolic diseases in children and youth. *Can J Diabetes.* 2014; 38: 53-61.
  39. Hallal PC, et al. Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. *Lancet.* 2012; 380: 247-57.
  40. Althoff T, et al. Large-scale physical activity data reveal worldwide activity inequality. *Nature.* 2017; 547: 336-9.
  41. Tudor-Locke C, et al. How many steps/day are enough? for adults. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2011; 8: 79.
  42. Gerovasili V, et al. Levels of physical activity among adults 18–64 years old in 28 European countries. *Prev Med.* 2015; 81: 87-91.
  43. Bauman A, et al. The descriptive epidemiology of sitting. A 20-country comparison using the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ). *Am J Prev Med.* 2011; 41: 228-35.
  44. ANSES. Etude individuelle nationale des consommations alimentaires 3 (INCA3). 2017.
  45. Brawner CA, et al. Prevalence of Physical Activity Is Lower among Individuals with Chronic Disease. *Med Sci Sports Exerc.* 2016; 48: 1062-7.
  46. Morris JN and Crawford MD. Coronary Heart Disease and Physical Activity of Work. *Br Med J.* 1958; 2: 1485-96.
  47. Morris JN, et al. Coronary heart-disease and physical activity of work. *Lancet.* 1953; 265: 1111-20; concl.
  48. Paffenbarger RS, Jr., et al. Energy expenditure, cigarette smoking, and blood pressure level as related to death from specific diseases. *Am J Epidemiol.* 1978; 108: 12-8.
  49. Lee IM, et al. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet.* 2012; 380: 219-29.
  50. Hu FB, et al. Adiposity as Compared with Physical Activity in Predicting Mortality among Women. *N Engl J Med.* 2004; 351: 2694-703.
  51. Slentz CA, et al. Inactivity, exercise, and visceral fat. STRRIDE: a randomized, controlled study of exercise intensity and amount. *J Appl Physiol.* 2005; 99: 1613-8.
  52. Dagenais GR, et al. Variations in Diabetes Prevalence in Low-, Middle-, and High-Income Countries: Results From the Prospective Urban and Rural Epidemiological Study. *Diabetes Care.* 2016; 39: 780-7.
  53. Dirks ML, et al. One Week of Bed Rest Leads to Substantial Muscle Atrophy and Induces Whole-Body Insulin Resistance in the Absence of Skeletal Muscle Lipid Accumulation. *Diabetes.* 2016; 65: 2862-75.
  54. Von Haehling S, et al. From muscle wasting to sarcopenia and myopenia: update 2012. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2012; 3: 213-7.

55. Janssen I, et al. Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. *J Am Geriatr Soc.* 2002; 50: 889-96.
56. Stuck AE, et al. Risk factors for functional status decline in community-living elderly people: a systematic literature review. *Soc Sci Med.* 1999; 48: 445-69.
57. Rezende LFM, et al. All-Cause Mortality Attributable to Sitting Time: Analysis of 54 Countries Worldwide. *Am J Prev Med.* 2016; 51: 253-63.
58. Katzmarzyk PT and Lee IM. Sedentary behaviour and life expectancy in the USA: a cause-deleted life table analysis. *BMJ Open.* 2012; 2.
59. Hu FB, et al. Television watching and other sedentary behaviors in relation to risk of obesity and type 2 diabetes mellitus in women. *Jama.* 2003; 289: 1785-91.
60. Jakes RW, et al. Television viewing and low participation in vigorous recreation are independently associated with obesity and markers of cardiovascular disease risk: EPIC-Norfolk population-based study. *Eur J Clin Nutr.* 2003; 57: 1089-96.
61. Ekelund U, et al. 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. *Lancet.* 2016; 388: 1302-10.
62. Matthews CE, et al. Accelerometer-measured dose-response for physical activity, sedentary time, and mortality in US adults. *Am J Clin Nutr.* 2016; 104: 1424-32.
63. Sokka T, et al. Physical inactivity in patients with rheumatoid arthritis: data from twenty-one countries in a cross-sectional, international study. *Arthritis Rheum.* 2008; 59: 42-50.
64. Kroska EB. A meta-analysis of fear-avoidance and pain intensity: The paradox of chronic pain. *Scand J Pain.* 2016; 13: 43-58.
65. Jakes RW, et al. Physical inactivity is associated with lower forced expiratory volume in 1 second : European Prospective Investigation into Cancer-Norfolk Prospective Population Study. *Am J Epidemiol.* 2002; 156: 139-47.
66. Vaz Fragoso CA, et al. Respiratory impairment and dyspnea and their associations with physical inactivity and mobility in sedentary community-dwelling older persons. *J Am Geriatr Soc.* 2014; 62: 622-8.
67. Sandroff BM, et al. Relationships among physical inactivity, deconditioning, and walking impairment in persons with multiple sclerosis. *J Neurol Phys Ther.* 2015; 39: 103-10.
68. Cesari M, et al. Prognostic value of usual gait speed in well-functioning older people--results from the Health, Aging and Body Composition Study. *J Am Geriatr Soc.* 2005; 53: 1675-80.
69. Studenski S, et al. Gait speed and survival in older adults. *JAMA.* 2011; 305: 50-8.
70. Imam MU and Ismail M. The Impact of Traditional Food and Lifestyle Behavior on Epigenetic Burden of Chronic Disease. *Global Challenges.* 2017; 1: n/a-n/a.
71. Dumith SC, et al. Worldwide prevalence of physical inactivity and its association with human development index in 76 countries. *Prev Med.* 2011; 53: 24-8.
72. Archer E, et al. 45-Year Trends in Women's Use of Time and Household Management Energy Expenditure. *PLoS ONE.* 2013; 8: e56620.
73. Kirk MA and Rhodes RE. Occupation correlates of adults' participation in leisure-time physical activity: a systematic review. *Am J Prev Med.* 2011; 40: 476-85.
74. Willey JZ, et al. Social determinants of physical inactivity in the Northern Manhattan Study (NOMAS). *J Community Health.* 2010; 35: 602-8.
75. Gregorio MJ, et al. Dietary Patterns Characterized by High Meat Consumption Are Associated with Other Unhealthy Life Styles and Depression Symptoms. *Front Nutr.* 2017; 4: 25.
76. Knol MJ, et al. Depression as a risk factor for the onset of type 2 diabetes mellitus. A meta-analysis. *Diabetologia.* 2006; 49: 837-45.
77. Smyth A, et al. Alcohol consumption and cardiovascular disease, cancer, injury, admission to hospital, and mortality: a prospective cohort study. *Lancet.* 2015; 386: 1945-54.
78. Lakerveld J, et al. Identifying and sharing data for secondary data analysis of physical activity, sedentary behaviour and their determinants across the life course in Europe: general principles and an example from DEDIPAC. *BMJ Open.* 2017; 7: e017489.

79. Condello G, et al. Using concept mapping in the development of the EU-PAD framework (EUropean-Physical Activity Determinants across the life course): a DEDIPAC-study. *BMC Public Health*. 2016; 16: 1145.
80. Brug J, et al. Determinants of diet and physical activity (DEDIPAC): a summary of findings. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2017; 14: 150.
81. Sagner M, et al. Lifestyle medicine potential for reversing a world of chronic disease epidemics: from cell to community. *Int J Clin Pract*. 2014; 68: 1289-92.
82. Prochaska JO and DiClemente CC. Transtheoretical therapy: Toward a more integrative model of change. *Psychotherapy: Theory, Research & Practice*. 1982; 19: 276-88.
83. Prochaska JO and Velicer WF. The transtheoretical model of health behavior change. *Am J Health Promot*. 1997; 12: 38-48.
84. Ajzen I and Fishbein M. *Understanding attitudes and predicting social behavior*. Prentice-Hall, 1980.
85. Fishbein M and Ajzen I. *Belief, attitude, intention, and behavior: an introduction to theory and research*. Addison-Wesley Pub. Co., 1975.
86. Ajzen I. The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 1991; 50: 179-211.
87. Bandura A. *Social foundations of thought and action: a social cognitive theory*. Prentice-Hall, 1986.
88. Bautista R. The convergence of mastery learning approach and self-regulated learning strategy in teaching biology. *Journal of Education and Practice*. 2012; 3.
89. Colberg SR, et al. Physical Activity/Exercise and Diabetes: A Position Statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care*. 2016; 39: 2065-79.
90. Fournier J, et al. Mesure de la condition physique chez les personnes âgées. Évaluation de la condition physique des seniors : adaptation française de la batterie américaine « Senior Fitness Test ». *Science & Sports*. 2012; 27: 254-9.
91. Rikli RE and Jones CJ. Development and Validation of a Functional Fitness Test for Community-Residing Older Adults. *JAPA*. 1999; 7: 129-61.
92. Durstine JL, et al. Chronic disease and the link to physical activity. *JSHS*. 2013; 2: 3-11.
93. Schoenborn CA and Stommel M. Adherence to the 2008 Adult Physical Activity Guidelines and Mortality Risk. *AJPM*. 2011; 40: 514-21.
94. Gregg EW, et al. Relationship of walking to mortality among us adults with diabetes. *Arch Intern Med*. 2003; 163: 1440-7.
95. Williams PT. Dose-response relationship of physical activity to premature and total all-cause and cardiovascular disease mortality in walkers. *PLoS One*. 2013; 8: e78777.
96. Alves AJ, et al. Physical activity in primary and secondary prevention of cardiovascular disease: Overview updated. *WJC*. 2016; 8: 575-83.
97. Holmes MD, et al. Physical activity and survival after breast cancer diagnosis. *JAMA*. 2005; 293: 2479-86.
98. Pedersen BK and Saltin B. Exercise as medicine - evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scand J Med Sci Sports*. 2015; 25 Suppl 3: 1-72.
99. Vuillemin A. Bénéfices de l'activité physique sur la santé des personnes âgées. *Science & Sports*. 2012; 27: 249-53.
100. Belardinelli R, et al. Randomized, controlled trial of long-term moderate exercise training in chronic heart failure: effects on functional capacity, quality of life, and clinical outcome. *Circulation*. 1999; 99: 1173-82.
101. Muñoz-Vera T, et al. Influence of the level of physical activity on physical fitness, lipid profile and health outcomes in overweight/obese adults with similar nutritional status. *Science & Sports*. 2017; 32: 278-85.
102. Vissers D, et al. The Effect of Exercise on Visceral Adipose Tissue in Overweight Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLOS ONE*. 2013; 8: e56415.

103. Duclos M, et al. Physical activity and type 2 diabetes. Recommendations of the SFD (Francophone Diabetes Society) diabetes and physical activity working group. *Diabetes Metab.* 2013; 39: 205-16.
104. Umpierre D, et al. Physical activity advice only or structured exercise training and association with HbA1c levels in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *JAMA.* 2011; 305: 1790-9.
105. Paley CA and Johnson MI. Physical Activity to Reduce Systemic Inflammation Associated With Chronic Pain and Obesity: A Narrative Review. *Clin J Pain.* 2016; 32: 365-70.
106. Nicklas BJ, et al. Behavioural treatments for chronic systemic inflammation: effects of dietary weight loss and exercise training. *CMAJ.* 2005; 172: 1199-209.
107. Lange AK, et al. Strength training for treatment of osteoarthritis of the knee: a systematic review. *Arthritis Rheum.* 2008; 59: 1488-94.
108. Gillespie LD, et al. Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev.* 2012.
109. Howe TE, et al. Exercise for preventing and treating osteoporosis in postmenopausal women. *Cochrane Database Syst Rev.* 2011: Cd000333.
110. Tomlinson D, et al. Effect of exercise on cancer-related fatigue: a meta-analysis. *Am J Phys Med Rehabil.* 2014; 93: 675-86.
111. Loprinzi PD. Light-Intensity Physical Activity and All-Cause Mortality. *Am J Health Promot.* 2017; 31: 340-2.
112. Strath SJ, et al. Guide to the assessment of physical activity: Clinical and research applications: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2013; 128: 2259-79.
113. Ainsworth BE, et al. Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Med Sci Sports Exerc.* 2011; 43: 1575-81.
114. Jette M, et al. Metabolic equivalents (METs) in exercise testing, exercise prescription, and evaluation of functional capacity. *Clin Cardiol.* 1990; 13: 555-65.
115. Cunha FA, et al. Metabolic equivalent concept in apparently healthy men: a re-examination of the standard oxygen uptake value of 3.5 mL.kg(-1).min(-1.). *Appl Physiol Nutr Metab.* 2013; 38: 1115-9.
116. Kwan M, et al. The standard oxygen consumption value equivalent to one metabolic equivalent (3.5 ml/min/kg) is not appropriate for elderly people. *Int J Food Sci Nutr.* 2004; 55: 179-82.
117. Wilms B, et al. Correction factors for the calculation of metabolic equivalents (MET) in overweight to extremely obese subjects. *Int J Obes.* 2014; 38: 1383-7.
118. Ravussin E, et al. Determinants of 24-hour energy expenditure in man. Methods and results using a respiratory chamber. *JCI.* 1986; 78: 1568-78.
119. Morio B, et al. Gender differences in energy expended during activities and in daily energy expenditure of elderly people. *Am J Physiol.* 1997; 273: E321-7.
120. Westerterp KR. Control of energy expenditure in humans. *EJCN.* 2016; 71: 340.
121. Harris JA and Benedict FG. A Biometric Study of Human Basal Metabolism. *PNAS.* 1918; 4: 370-3.
122. Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr.* 1985; 39 Suppl 1: 5-41.
123. Mifflin MD, et al. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am J Clin Nutr.* 1990; 51: 241-7.
124. Livingston EH and Kohlstadt I. Simplified resting metabolic rate-predicting formulas for normal-sized and obese individuals. *Obes Res.* 2005; 13: 1255-62.
125. Frankenfield DC. Bias and accuracy of resting metabolic rate equations in non-obese and obese adults. *Clin Nutr.* 2013; 32: 976-82.
126. Weir JB. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol.* 1949; 109: 1-9.
127. McNeill G, et al. Inter-individual differences in fasting nutrient oxidation and the influence of diet composition. *Int J Obes.* 1988; 12: 455-63.

128. Piaggi P, et al. Lower energy expenditure predicts long-term increases in weight and fat mass. *J Clin Endocrinol Metab.* 2013; 98: E703-7.
129. Schoeller DA and van Santen E. Measurement of energy expenditure in humans by doubly labeled water method. *J Appl Physiol.* 1982; 53: 955-9.
130. Ritz P and Coward WA. Étude critique de la mesure de la dépense énergétique par la méthode à l'eau doublement marquée. *Nutr Clin Metabol.* 1996; 10: 77-88.
131. Herman Hansen B, et al. Validity of the ActiGraph GT1M during walking and cycling. *J Sports Sci.* 2014; 32: 510-6.
132. Lopes VP, et al. Actigraph calibration in obese/overweight and type 2 diabetes mellitus middle-aged to old adult patients. *J Phys Act Health.* 2009; 6 Suppl 1: S133-40.
133. Chomistek AK, et al. Physical Activity Assessment with the ActiGraph GT3X and Doubly Labeled Water. *Med Sci Sports Exerc.* 2017; 49: 1935-44.
134. Brage S, et al. Reliability and validity of the combined heart rate and movement sensor Actiheart. *Eur J Clin Nutr.* 2005; 59: 561-70.
135. Barreira TV KM, Caputo JL, Farley RS and Renfrow M. Validation of the Actiheart monitor for the measurement of physical activity. *IJES.* 2009; 2: 60-71.
136. Fruin ML and Rankin JW. Validity of a multi-sensor armband in estimating rest and exercise energy expenditure. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36: 1063-9.
137. Rousset S, et al. Comparison of total energy expenditure assessed by two devices in controlled and free-living conditions. *Eur J Sport Sci.* 2015; 15: 391-9.
138. Paris L, et al. Evaluation of physical activity intensities and energy expenditure in overweight and obese adults. *Int J Sports Exerc Med.* 2016; 2.
139. Guidoux R, et al. A smartphone-driven methodology for estimating physical activities and energy expenditure in free living conditions. *J Biomed Inform.* 2014; 52: 271-8.
140. Guidoux R, et al. The eMouveRecherche application competes with research devices to evaluate energy expenditure, physical activity and still time in free-living conditions. *J Biomed Inform.* 2017; 69: 128-34.
141. Rousset S, et al. A Novel Smartphone Accelerometer Application for Low-Intensity Activity and Energy Expenditure Estimations in Overweight and Obese Adults. *J Med Syst.* 2017; 41: 117.
142. Rousset S, et al. eMouveRecherche: the first scientific application to promote light-intensity activity for the prevention of chronic diseases. *Biology, Engineering and Medicine.* 2018; 3: 6.
143. Kooiman TJM, et al. Reliability and validity of ten consumer activity trackers. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2015; 7: 24.
144. Craig CL, et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc.* 2003; 35: 1381-95.
145. Besson H, et al. Estimating physical activity energy expenditure, sedentary time, and physical activity intensity by self-report in adults. *Am J Clin Nutr.* 2010; 91: 106-14.
146. Golubic R, et al. Validity of Electronically Administered Recent Physical Activity Questionnaire (RPAQ) in Ten European Countries. *PLOS ONE.* 2014; 9: e92829.
147. Oliveira L, et al. Reducing temporal tensions as a strategy to promote sustainable behaviours. *Computers in Human Behavior.* 2016; 62: 303-15.
148. International Telecommunication Union. ICT facts and figures 2016. *International Telecommunication Union.* 2016.
149. WHO. Global diffusion of eHealth Making universal health coverage achievable. 2016.
150. Muntaner A, et al. Increasing physical activity through mobile device interventions: A systematic review. *Health Informatics J.* 2016; 22: 451-69.
151. Davies CA, et al. Meta-analysis of internet-delivered interventions to increase physical activity levels. *IJBNPA.* 2012; 9: 52.
152. Duplaga M. A cross-sectional study assessing determinants of the attitude to the introduction of eHealth services among patients suffering from chronic conditions. *BMC Med Inform Decis Mak.* 2015; 15: 33.

153. Wang J, et al. Smartphone interventions for long-term health management of chronic diseases: an integrative review. *Telemed J E Health*. 2014; 20: 570-83.
154. Arora S, et al. Trial to examine text message-based mHealth in emergency department patients with diabetes (TEXT-MED): a randomized controlled trial. *Ann Emerg Med*. 2014; 63: 745-54.e6.
155. González-Oñate CaF-P, Carlos and Cabezuelo-Lorenzo, Francisco. Use, consumption and knowledge of new technologies by elderly people in France, UNited Kingdom and Spain. *Comunicar*. 2015; 23: 19-28.
156. Díaz-Prieto C and García-Sánchez J-N. Psychological profiles of older adult Web 2.0 tool users. *Computers in Human Behavior*. 2016; 64: 673-81.
157. Bughin F, et al. Development of a digital telerehabilitation solution: Analysis of the needs of patients with chronic diseases. *Eur Respir J*. 2017; 50.
158. Mercer K and Giangregorio L. Acceptance of Commercially Available Wearable Activity Trackers Among Adults Aged Over 50 and With Chronic Illness: A Mixed-Methods Evaluation. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2016; 4: e7.
159. Okumus B, et al. Psychological factors influencing customers' acceptance of smartphone diet apps when ordering food at restaurants. *Int J Hosp Manag*. 2018; 72: 67-77.
160. Carmody TP, et al. Physical exercise rehabilitation: long-term dropout rate in cardiac patients. *J Behav Med*. 1980; 3: 163-8.
161. Metz L, et al. A new equation based on the 6-min walking test to predict VO<sub>2</sub>peak in women with obesity. *Disabil Rehabil*. 2018; 40: 1702-7.
162. Solway S, et al. A qualitative systematic overview of the measurement properties of functional walk tests used in the cardiorespiratory domain. *Chest*. 2001; 119: 256-70.
163. Marcus BH, et al. Using the stages of change model to increase the adoption of physical activity among community participants. *Am J Health Promot*. 1992; 6: 424-9.
164. Markland DT, V. A modification to the Behavioural Regulation in Exercise Questionnaire to include assessment of amotivation. *J Sport Exerc Psychol*. 2004; 26: 191-6.
165. Garnier S, et al. Impact of brisk walking on perceived health evaluated by a novel short questionnaire in sedentary and moderately obese postmenopausal women. *Menopause*. 2013; 20: 804-12.
166. Ware JE. *How to Score Version 2 of the SF-12 Health Survey (with a Supplement Documenting Version 1)*. QualityMetric Incorporated, 2002.
167. Huynh H and Feldt LS. Conditions under Which Mean Square Ratios in Repeated Measurements Designs Have Exact F-Distributions. *J Am Stat Assoc*. 1970; 65: 1582-9.
168. Schlich P. Uses of change-over designs and repeated measurements in sensory and consumer studies. *Food Qual Prefer*. 1993; 4: 223-35.
169. Rutten GM, et al. The contribution of lifestyle coaching of overweight patients in primary care to more autonomous motivation for physical activity and healthy dietary behaviour: results of a longitudinal study. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2014; 11: 86.
170. Teixeira PJ, et al. Exercise, physical activity, and self-determination theory: a systematic review. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2012; 9: 78.
171. de Roos P, et al. Effectiveness of a combined exercise training and home-based walking programme on physical activity compared with standard medical care in moderate COPD: a randomised controlled trial. *Physiotherapy*. 2018; 104: 116-21.
172. Kolt GS, et al. Healthy Steps trial: pedometer-based advice and physical activity for low-active older adults. *Ann Fam Med*. 2012; 10: 206-12.
173. Araiza P, et al. Efficacy of a pedometer-based physical activity program on parameters of diabetes control in type 2 diabetes mellitus. *Metabolism*. 2006; 55: 1382-7.
174. Balducci S, et al. Effect of a Behavioral Intervention Strategy for Adoption and Maintenance of a Physically Active Lifestyle: The Italian Diabetes and Exercise Study 2 (IDES\_2): A Randomized Controlled Trial. *Diabetes Care*. 2017; 40: 1444-52.

175. Hemmingsson E. A new model of the role of psychological and emotional distress in promoting obesity: conceptual review with implications for treatment and prevention. *Obes Rev.* 2014; 15: 769-79.
176. Fuller NR, et al. Examining the association between depression and obesity during a weight management programme. *Clin Obes.* 2017; 7: 354-9.
177. Fuller NR, et al. A 12-week, randomised, controlled trial to examine the acceptability of the Korean diet and its effectiveness on weight and metabolic parameters in an Australian overweight and obese population. *Obes Res Clin Pract.* 2012; 6: e1-e90.
178. Fuller NR, et al. A 12-month, randomised, controlled trial to examine the efficacy of the Korean diet in an Australian overweight and obese population - A follow up analysis. *Obes Res Clin Pract.* 2012; 6: e263-346.
179. Korkiakangas EE, et al. Barriers to regular exercise among adults at high risk or diagnosed with type 2 diabetes: a systematic review. *Health Promot Int.* 2009; 24: 416-27.
180. Mier N, et al. Mexican Americans With Type 2 Diabetes: Perspectives on Definitions, Motivators, and Programs of Physical Activity. *Prev Chronic Dis.* 2007; 4: A24.
181. Centis E, et al. Stage of change and motivation to healthy diet and habitual physical activity in type 2 diabetes. *Acta Diabetol.* 2014; 51: 559-66.
182. Baum A, et al. Targeting weight loss interventions to reduce cardiovascular complications of type 2 diabetes: a machine learning-based post-hoc analysis of heterogeneous treatment effects in the Look AHEAD trial. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2017; 5: 808-15.
183. Gutenbrunner C, et al. A proposal for a worldwide definition of health resort medicine, balneology, medical hydrology and climatology. *Int J Biometeorol.* 2010; 54: 495-507.
184. Evcik D, et al. The efficacy of balneotherapy and mud-pack therapy in patients with knee osteoarthritis. *Joint Bone Spine.* 2007; 74: 60-5.
185. Kwiatkowski F, et al. Long term improved quality of life by a 2-week group physical and educational intervention shortly after breast cancer chemotherapy completion. Results of the 'Programme of Accompanying women after breast Cancer treatment completion in Thermal resorts' (PACThe) randomised clinical trial of 251 patients. *Eur J Cancer.* 2013; 49: 1530-8.
186. Forestier R, et al. Spa therapy in the treatment of knee osteoarthritis: a large randomised multicentre trial. *Ann Rheum Dis.* 2010; 69: 660-5.
187. Hanh T, et al. One-year effectiveness of a 3 week balneotherapy program for treatment of overweight or obesity. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine.* 2012; 2012: 7.
188. Carpentier PH, et al. A multicenter randomized controlled trial evaluating balneotherapy in patients with advanced chronic venous insufficiency. *Journal of vascular surgery* 2014; 59: 447-54.e1.
189. Tabone WD, S. Auzanneau, N. Lamerain, E. Roques, CF. Les curistes s'expriment sur la cure thermale : données d'exploitation d'une enquête par questionnaire effectuée à partir de la réponse de 112 419 curistes. *Presse Thermale et Climatique.* 2009; 146: 75-83.
190. Escalon H, et al. Baromètre Santé Nutrition 2008. *Baromètres santé.* INPES, 2009.
191. Field AE, et al. Impact of overweight on the risk of developing common chronic diseases during a 10-year period. *Archives of Internal Medicine.* 2001; 161: 1581-6.
192. Oja P, et al. *Eurofit for Adults: Assessment of Health-related Fitness.* Council of Europe, Committee for the Development of Sport, 1995.
193. Group TI. Guidelines for data processing and analysis of the International Physical Activity Questionnaire. 2005.
194. Marshall SJ, et al. Translating physical activity recommendations into a pedometer-based step goal: 3000 steps in 30 minutes. *Am J Prev Med.* 2009; 36: 410-5.

**Article 1**



International Journal of  
Sports and Exercise Medicine

ISSN : 2469-5718

---

## Evaluation of Physical Activity Intensities and Energy Expenditure in Overweight and Obese Adults

Ludivine Paris<sup>1</sup>, Martine Duclos<sup>1,2</sup>, Romain Guidoux<sup>1</sup>, Nicolas Lamaudière<sup>3</sup> and Sylvie Rousset<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Human Nutrition Unit UMR 1019, France

<sup>2</sup> University Hospital Clermont Ferrand, Med Sport & Fonct Explorat Services, France

<sup>3</sup> Medical Centre Clermont Sud, France

\* Corresponding author: Sylvie Rousset, INRA, Human Nutrition Unit UMR 1019, CRNH d'Auvergne, 63009 Clermont-Ferrand, France, Tel: 33-473624679, Fax: 33-47362475, Email: [rousset@clermont.inra.fr](mailto:rousset@clermont.inra.fr)

### Abstract

**Purpose:** This study aims to compare total energy expenditure (TEE) estimations made by Actiheart® and Armband®, as well as by MET with TEE measured by indirect calorimetry in an overweight population.

**Methods:** Thirteen volunteers were equipped with Actiheart® and Armband® devices and wore a Fitmate® facemask during a controlled scenario of daily-living activities to evaluate TEE. TEE errors were calculated as the ratio of the differences between Actiheart®, Armband®, MET estimations, and the Fitmate® measurements. Time spent in sedentary, light-, moderate- and vigorous-intensity activities was estimated and compared according to the devices.

**Results:** The three mean absolute values of TEE errors were significantly different from zero and different between themselves. The absolute values of errors were different between Armband® and Actiheart® but not between Armband® and MET values or between Actiheart® and MET values. Armband® was the most accurate device for estimating TEE during the activity schedule in this overweight population sample. The distributions of differences varied less around the means, suggesting a smaller inter-individual variability in TEE estimated using Armband® than Actiheart® and MET values. For the time spent in each category of activity, Actiheart® and Fitmate® provided results that were significantly different from the recorded scenario, with differences ranging from 5 to 18%. In contrast, there was no significant difference between the time estimated by Armband and the scenario.

**Conclusions:** Our results showed that Armband® was more effective than Actiheart® at the individual level for estimating TEE and daily light-intensity activities in overweight or obese people.

**Keywords:** Daily-living activities, Body mass index, Energy metabolism, Physical activity level

## **Article 2:**

*Health Technol (en soumission)*

# **Effectiveness of information and communication technologies to promote physical activity in patients with chronic diseases: a systematic review of reviews**

*Ludivine Paris, MS,<sup>1,2</sup> Anthony Fardet, PhD,<sup>2</sup> Martine Duclos, MD, PhD,<sup>2,3</sup> Florie Fillol, PhD,<sup>1</sup> Sylvie Rousset, PhD,<sup>2\*</sup>*

<sup>1</sup> *Biomouv, 418 rue du Mas de Verchant, 34935 Montpellier, France*

<sup>2</sup> *Université Clermont Auvergne, INRA, UNH, Unité de Nutrition Humaine, 63000 Clermont-Ferrand, France*

<sup>3</sup> *Service Médecine du Sport, CHU G. Montpied, 58 rue Montalembert, 63000 Clermont-Ferrand, France*

\* Corresponding author: Sylvie Rousset, [sylvie.rousset@inra.fr](mailto:sylvie.rousset@inra.fr)

## **Abstract**

Non-Communicable Diseases (NCD) are the first cause of mortality in the world. Physical inactivity is partially responsible for this epidemic. Consequently, it is essential to find effective ways to promote physical activity (PA), especially for sedentary people. The use of the information and communication technologies (ICT) in disease self-management raises the question of the relevance of the usefulness and effectiveness of such tools. The aim of this review of reviews was to explore the effectiveness of such tools to promote PA in chronic patients. Three databases were searched for systematic reviews and meta-analyses dealing with NCD, ICT and PA. The methodological quality of the selected reviews was assessed using the AMSTAR tool. Among 292 reviews, 12 were included. Among chronic patients, people with type 2 diabetes were the most studied. Various ICT devices (Web, mobile, computer) were used alone or in combination. Four systematic reviews showed a significant PA increase with intervention (ICT) compared to a control group. Seven reviews found conflicting results and one reported no effect. This systematic review of reviews sometimes shows a positive effect regarding the contribution of ICT to increasing PA, but most often reveals no significant results. This lack of evidence may be due to the heterogeneity of the ICT used to promote PA or tools to measure PA. Since this research field is recent, there are few systematic reviews that use homogeneous methodologies and provide evidence of the efficiency of ICT to promote PA.

*Keywords:* physical activity, chronic disease, e-health, effectiveness, review

## Introduction

Non-Communicable Diseases (NCD) such as cardiovascular disease (CVD), type 2 diabetes (T2D), Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) and cancers are the first causes of mortality in the world according to the World Health Organization (WHO). In 2012, NCD caused 38 million deaths, representing 63% of total deaths. Without a change in behavior, the estimated number of NCD-related deaths will be 52 million per year in 2030.[1] Consequently, it is essential to prevent and control this epidemic. Non-communicable diseases have four common risk factors: (a) physical inactivity and sedentary lifestyle; (b) unbalanced diet; (c) smoking; and (d) alcohol consumption. In 2012, 5.3 million deaths were due to physical inactivity (less than 150 minutes per week of moderate-to-intense physical activity).[2] Worldwide, 31.1% of adults are physically inactive.[3]

The practice of regular Physical Activity (PA) for a healthy population and for NCD patients is no longer debatable. In NCD patients, PA reduces mortality and morbidity and increases the quality of life. A meta-analysis on the effect of supervised and structured exercises (endurance training, resistance training or the combination of both) in subjects with type 2 diabetes demonstrated an improvement in glycemic control over the last two months, with a mean decrease in glycated hemoglobin (HbA1c) of -0.67%.[4] This reduction is beneficial because a high glycated hemoglobin rate is linked to diabetes-related complications (e.g., cardiovascular, renal, eye and neurological). For cardiovascular diseases, PA is integrated into cardiac rehabilitation. Cardiorespiratory fitness (determined during a maximal exercise test by measuring maximal oxygen consumption) is now recognized as a strong and independent predictive factor of mortality. Maximal oxygen consumption, which is an excellent individual indicator of exercise capacity, can be increased through physical activity. A gain of 1 Metabolic Equivalent Task (MET) (3.5 ml/kg/min) of functional capacity resulted in a 12% reduction in mortality in healthy subjects, including those with NCD, regardless of whether the subjects had cardiovascular disease or not.[5]

Nevertheless, the PA of NCD patients is low and insufficient.[6] One way to manage PA is to personalize and supervise the PA program.[7] Nevertheless, PA compliance decreases over time. Thus, in a three-year program, Dorn et al. (2001) observed a large decrease after eight weeks,[8] raising the question of how patients can be encouraged to maintain this healthy behavior?

In recent years, information and communication technologies (ICT) have become more and more powerful and an integral part of our daily lives. In 2016, 52.3% of the world's population had Internet access and 47% used it, with over 80% usage in developed countries.[9] The mobile phone is the most rapidly growing Internet connectivity device.

ICT makes it possible to supply personalized information and lifestyle recommendations in real time, at a low cost and on a large scale. Moreover, a recent survey indicated that chronic patients used Internet less often than other Internet users but were more interested in online health information.[10] Accordingly, research is increasingly focused on using these tools to promote healthy lifestyle behaviors. Recent studies have reported encouraging results in terms of impact on disease self-management. Thus, Wayne et al.[11] evaluated the effectiveness of a health-coaching app provided by mobile phone for glycemic control of subjects with type 2 diabetes (T2D). They demonstrated that after three months, the reduction of glycosylated hemoglobin was significantly higher in the intervention group compared to the control group without mobile phones.

ICTs have also been studied as a means to promote PA in healthy and unhealthy populations, but their efficacy is mixed. For example, Kim and Glanz[12] examined the impact of motivational text messaging on step counting and leisure-time physical activity among elderly community-dwelling African Americans. The six-week intervention made it possible to significantly increase the number of steps per day in the intervention group ( $p = 0.05$ ). Leisure-time PA increased in both groups (intervention and control), but the intervention group showed a higher increase in PA. Glasgow et al.[13] evaluated the feasibility of an Internet-based self-management program for T2D patients to change a type of behavior such as PA. This study found that the intervention group showed a greater improvement in PA (energy expenditure/week) compared to the control group. The effect size for this behavior was 0.19. However, Newton et al.[14] evaluated the effectiveness of a pedometer and a motivational message sent by SMS for 12 weeks on PA increase in adolescents with type 1 diabetes. The change in steps measured was not different between the intervention and the control group.

Overall, all of these studies show the difficulty to reach the recommended PA levels in subjects with NCD and to maintain them. The aim of this review is to assess the effectiveness of interventions using ICT to increase PA in NCD patients compared to usual care.

## 2. Materials and methods

## 2.1 Literature search strategy

This review of reviews was guided by the Preferred Reported Items for Systematic review and Meta-Analysis (PRISMA) statement for reporting systematic reviews and meta-analyses.[15] Comprehensive searches of the Web of Science, PubMed and Cochrane Library databases were conducted up to November 2016.

Systematic reviews and meta-analyses dealing with Information and Communication Technologies (ICT) as a means to promote physical activity were targeted. MeSH terms and thesaurus terms were then selected and included in each database search with a multiple combination of Boolean operators based on three blocks: (1) type of publication; (2) outcome; and (3) ICT tools. The research query is based on the title only (Table 1).

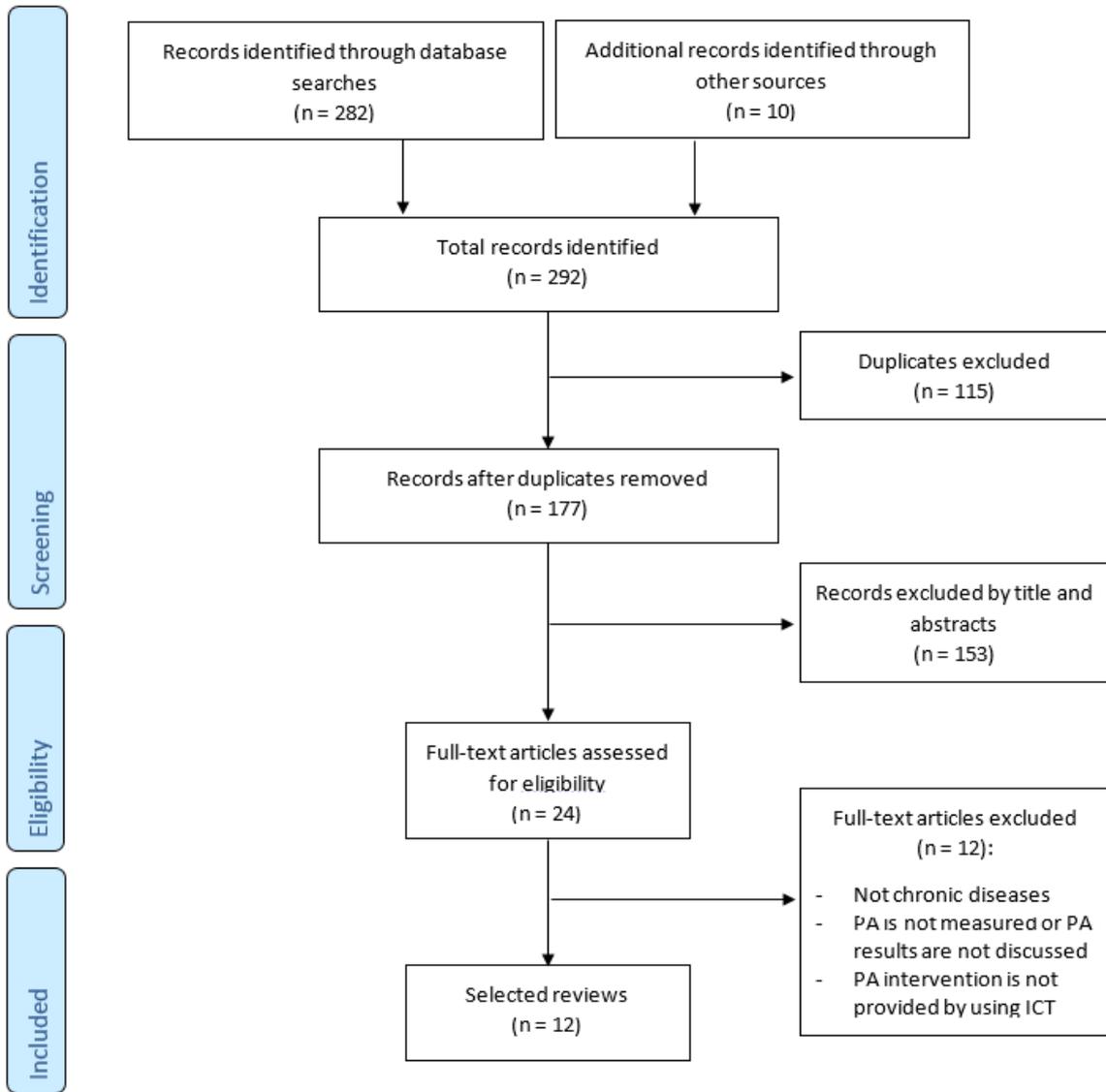
Table 1: Research query

| Block of search     | Query   |
|---------------------|---|
| Type of publication | systematic review or meta-analysis  |
| <b>AND</b>          |   |
| Outcome             | "physical activit*" or exercise* or sport* or inactivity or "behavio\$r change*" or "lifestyle modification*" or "lifestyle change*" or "self\$manage*" or manage* or "self\$monitor*" or monitor* or quantified-self |
| <b>AND</b>          |   |
| Tool                | smartphone or mobile or phone or Web or computer or Internet or technology or online or media or electronic or "text messag*"   |

## 2.2 Review selection

Search results were imported into a bibliographic citation management software (EndNote V7) to exclude duplicates. Two reviewers (LP and SR) then independently examined the titles and abstracts of all identified systematic reviews and meta-analyses. The two reviewers reviewed the full-text articles that appeared to be relevant and applied inclusion and exclusion criteria. Disagreements were resolved through a discussion with a third author (AF). The flow diagram linked to this selection is presented in Figure 1.

Figure 1: Flowchart of articles included



### 2.3 Inclusion and exclusion criteria

Only systematic reviews and meta-analyses in the English language were included. To be included, the interventions also had to use ICT. Reviews in which the physical activity is an outcome evaluated by subjective tools (questionnaire, PA diary, self-reported PA) or objective tools (pedometer, accelerometer) were included. Finally, the targeted population had to be people with one or more chronic diseases. Reviews of the general population and healthy people were excluded.

## 2.4 Data extraction

For each selected review, the two reviewers extracted the following data: Author (Publication year), Number of articles, Population, Sample size, Tools and Outcomes. Interventions on lifestyle behavior changes in chronic patients include not only the PA component, but other behavioral components as well such as food behavior, compliance with medication, disease management and smoking cessation. In each review, we counted the number of articles related to PA and the sample size of participants were counted.

## 2.5 Quality assessment

The two reviewers independently assessed the methodological quality of the selected reviews with the validated tools of the Assessment of Multiple Systematic Review (AMSTAR).[16] The AMSTAR score classifies methodological quality according to five categories: Excellent: 11; Very Good: 9-10; Good: 7-8; Acceptable: 5-6; and Deficient: 0-4. Items are presented in Table 2.a.

Table 2.a: AMSTAR items

| Item  | Answer |    |              |                |
|---|--------|----|--------------|----------------|
|   | Yes    | No | Can't answer | Not applicable |
| 1. "A priori" design provided                     |        |    |              |                |
| 2. Duplicate study selection/data extraction      |        |    |              |                |
| 3. Comprehensive literature search                |        |    |              |                |
| 4. Status of publication as inclusion criteria    |        |    |              |                |
| 5. List of studies (included/extracted) provided  |        |    |              |                |
| 6. Characteristics of included studies documented |        |    |              |                |
| 7. Scientific quality assessed and documented     |        |    |              |                |
| 8. Appropriate formulation of conclusions         |        |    |              |                |
| 9. Appropriate methods of combining studies       |        |    |              |                |
| 10. Assessments of publication bias               |        |    |              |                |
| 11. Conflict of interest                          |        |    |              |                |

## 2.6 Statistical analyses

$\chi^2$  tests were performed to determine if a higher number of reviews showed a significant effect of PA intervention than no effect, and if the effectiveness depended on the number of ICT used or the patient's disease. This statistical analysis is based on the comparison between the theoretical size and the observed size of each event. When the p value is less than or equal to 0.05, both variables are considered to be dependent. To compare the size of the participant sample of efficient vs. inefficient interventions, a one-way analysis of variance was performed.

## 3. Results

### 3.1 Selected reviews

The search results are summarized in the PRISMA flow diagram (Figure 1). The research on the three databases identified 282 systematic reviews and meta-analyses. Ten reviews found from a previous search were added. After the removal of duplicates, there were 177 reviews. A total of 153 reviews were excluded based on abstracts because they did not meet the inclusion criteria. The two reviewers (LP, SR) reviewed 24 full texts. According to the eligibility criteria, 12 reviews were excluded because they did not deal with either chronic diseases or physical activity or ICT. The remaining 12 systematic reviews, published between 2011 and 2016, were selected.[17-28] Among them, two reviews directly and exclusively focused on PA. Eight reviews targeted several lifestyle behavior changes, another one was focused on the reduction of cardiovascular risk factors such as physical inactivity, and the last one on the impact of PA on dyspnea. According to the inclusion criteria, these 12 reviews were selected because they reported the effect of ICT on PA.

### 3.2 Methodological Quality

The AMSTAR scores of items for each review are presented in Table 2.b. Total scores ranged between 6 and 10, with an average value of 7.5. According to the classification, two reviews had a "Very Good" level, seven had a "Good" level and three had an "Acceptable" level. The reviews with a very good methodological quality more often statistically showed a positive intervention effect than those with a poor quality ( $\chi^2 = 7.76$ ,  $p = 0.025$ ).

Table 2.b: AMSTAR scores for each review

| <b>Authors</b> | <b>Item</b> | <b>Total</b> |
|----------------|-------------|--------------|
|----------------|-------------|--------------|

|  | 1   | 2  | 3  | 4  | 5 | 6  | 7   | 8  | 9 | 10 | 11 |           |
|--|-----|----|----|----|---|----|-----|----|---|----|----|-----------|
| Arambepola et al. (2016) <sup>17</sup> | Y   | Y  | Y  | Y  | N | Y  | Y   | Y  | N | N  | Y  | 8         |
| Bossen et al. (2014) <sup>18</sup>     | Y   | Y  | Y  | Y  | N | Y  | Y   | Y  | N | N  | N  | 7         |
| Connelly et al. (2013) <sup>28</sup>   | Y   | Y  | Y  | C  | N | Y  | Y   | Y  | N | N  | Y  | 7         |
| Cotter et al. (2014) <sup>19</sup>     | Y   | Y  | N  | Y  | N | Y  | Y   | N  | N | N  | Y  | 6         |
| Dale et al. (2016) <sup>24</sup>       | Y   | Y  | Y  | Y  | Y | Y  | Y   | Y  | N | N  | Y  | 9         |
| Kuijpers et al. (2013) <sup>20</sup>   | Y   | Y  | Y  | Y  | N | Y  | Y   | Y  | N | N  | Y  | 8         |
| Lundell et al. (2015) <sup>21</sup>    | Y   | Y  | Y  | Y  | N | Y  | Y   | Y  | Y | Y  | Y  | 10        |
| Or et al. (2015) <sup>22</sup>         | Y   | Y  | Y  | Y  | N | N  | Y   | Y  | N | N  | Y  | 7         |
| Pal et al. (2014) <sup>23</sup>        | Y   | Y  | Y  | Y  | N | Y  | Y   | Y  | N | N  | Y  | 8         |
| Ramadas et al. (2011) <sup>25</sup>    | Y   | N  | Y  | Y  | N | Y  | Y   | N  | N | N  | Y  | 6         |
| Stellefson et al. (2013) <sup>26</sup> | Y   | Y  | Y  | Y  | N | Y  | Y   | Y  | N | N  | Y  | 8         |
| Vegting et al. (2014) <sup>27</sup>    | Y   | N  | Y  | Y  | N | Y  | Y   | N  | N | N  | Y  | 6         |
| % of reviews consistent with item      | 100 | 83 | 92 | 92 | 8 | 92 | 100 | 75 | 8 | 8  | 92 | $\mu=7.5$ |

Y : “Yes” ; N : “No” ; C : “Can’t answer” ; SR : Systematic Review ;  $\mu$  : average of the total scores

### 3.3 Descriptions of selected reviews

The selected reviews summarize a total of 203 articles, 75 of which deal with PA. Some articles were cited by different reviews. There were 44 different research articles with a total of 9,945 participants after excluding overlapping citations. The characteristics of these 44 articles were presented in a supplementary table.

Six of the 12 selected reviews targeted T2D,[19, 22, 17, 28, 23, 25] one of which also included type 1 diabetes [22]. Two reviews focused on cardiovascular diseases (CVD),[24, 27] and one on COPD.[21] The three remaining reviews included patients with various NCD (diabetes, CVD, COPD, etc.).[18, 20, 26]

The interventions in PA were carried out with various technological tools, either alone or in combination. The identified tools were email, website and/or forum in 11 reviews.[18, 28, 19-27] The effectiveness of the mobile phone was studied in six reviews with SMS, reminders or phone calls.[17, 28, 21-24] Computer based interventions were also included. Thus, two reviews included a program with interactive CD-ROMS, with multimedia lessons including videos and quizzes.[28, 23] Finally, two reviews included assessment of a PA tracker, namely a pedometer,[28, 25] and one included virtual visits by videoconferencing.[22] Overall, there were six reviews using only one ICT, and six others using two or more. The reviews using at least two ICT were statistically more efficient than those using one ICT ( $\chi^2 = 6.0$ ,  $p = 0.025$ ).

The PA outcomes were assessed by different tools such as questionnaires, pedometers, self-reported diaries and physical capacity tests (e.g., a 6-minute walking test). The most frequent tool was the PA questionnaire. Objective evaluation tools such as pedometers or other PA trackers were only used in four studies.

Table 3 provides an overview of the reviews' characteristics and Table 4 summarizes the key point of each them.

Table 3: Overview of reviews' characteristics

| Population | Author (Publication Year)              | Number of studies on PA/Total Number of studies | Sample Size | ICT Tools  | Results  |
|------------|--|---|-------------|--|--|
| Diabetes   | Arambepola et al. (2016) <sup>17</sup> | 4/19  | 528         | Mobile SMS   | Two studies reported a significant improvement in the intervention group compared to the control group and two had no effect.  |
|            | Connelly et al. (2013) <sup>28</sup>   | 15/15   | 4567        | Web<br>Mobile<br>CD-ROM<br>Multimedia lessons<br>Pedometer | The PA increase reported by 14 studies ranged from 3 to 125%.<br>Nine of these studies demonstrated a significant effect in the intervention group compared to the control group.  |
|            | Cotter et al. (2014) <sup>19</sup>     | 8/9   | 1873        | Web  | Only one study found a significant difference of PAL between the intervention and control groups. Another study observed an increasing time of moderate to vigorous PA but there was no control group. Two other studies concluded that both interventions were effective. Finally, four studies reported no effect. |
|            | Or et al. (2015) <sup>22</sup>         | 4/67  | 1301        | Web<br>Mobile<br>Videoconferenc<br>e                       | Two studies reported a significant positive effect and two studies had no effect.  |

|                         |                                      |       |      |                           |   |
|-------------------------|--------------------------------------|-------|------|---------------------------|---|
|                         | Pal et al. (2014) <sup>23</sup>      | 5/16  | 1884 | Web<br>Mobile<br>Computer | Two studies found a significant improvement in PA and three others had no effect  |
|                         | Ramadas et al. (2011) <sup>25</sup>  | 4/13  | 312  | Web<br>Pedometer          | Two studies reported a significant effect on PA. One pilot study found a significant improvement in total duration of moderate to vigorous PA and one pilot study had no effect.  |
| Cardiovascular diseases | Dale et al. (2016) <sup>24</sup>     | 2/7   | 240  | Web<br>Mobile SMS         | Significant increase in self-reported PA.   |
|                         | Vegting et al. (2014) <sup>27</sup>  | 5/9   | 1458 | Web                       | No significant change in PA between the intervention and control groups   |
| COPD                    | Lundell et al. (2015) <sup>21</sup>  | 3/9   | 255  | Web<br>Mobile             | One study reported an improvement of time spent in aerobic exercises and frequency of strength exercises. The two remaining studies were excluded.  |
| Chronic diseases        | Kuijpers et al. (2013) <sup>20</sup> | 13/18 | 2985 | Web                       | Two studies found a significant improvement in the intervention group vs. usual care group. Five studies observed an increase in PA in both groups. Three studies had conflicting results and three studies reported no effect. |

|  |      |      |     |   |
|--|------|------|-----|---|
| Bossen et al. (2014) <sup>18</sup>     | 7/7  | 1029 | Web | Three high-quality studies reported a significant improvement of PA in the intervention group. Two high-quality and two poor-quality studies reported no difference in either group.  |
| Stellefson et al. (2013) <sup>26</sup> | 5/14 | 2603 | Web | One study reported an improvement in weekly minutes of exercise, and another one reported a significant improvement in PA.<br>One study demonstrated an improvement in self-monitoring of PA behaviors.<br>Two studies did not show any improvement in self-reported aerobic, stretching and strengthening exercises. |

Table 4: Summary of each review's key points

| <b>Review</b>                          | <b>Amstar</b> | <b>Population</b> | <b>ICT tools</b>   | <b>PA measurement tool</b>                                  | <b>Studies with a positive impact</b> | <b>Conclusion</b> |
|--|---------------|-------------------|--------------------|---|---------------------------------------|-------------------|
| Connelly et al. (2013) <sup>28</sup>   | Good          | DT2               | > 2                | 7 Questionnaire<br>3 Pedometer<br>3 Self-reported<br>2 NS   | 9/15                                  | ✓                 |
| Ramadas et al. (2011) <sup>25</sup>    | Acceptable    | DT2               | 2 (Web, pedometer) | 2 Questionnaire<br>1 Pedometer<br>1 Self-reported           | 3/4                                   | ✓                 |
| Dale et al. (2016) <sup>24</sup>       | Very Good     | CVD               | 2 (Web, mobile)    | 1 Questionnaire<br>1 Self-reported                          | 2/2                                   | ✓                 |
| Lundell et al. (2015) <sup>21</sup>    | Very Good     | COPD              | 2 (Web, mobile)    | 1 Self-reported   | 1/1                                   | ✓                 |
| Arambepola et al. (2016) <sup>17</sup> | Good          | DT2               | 1 (Mobile)         | 3 Questionnaire<br>1 Self-reported                          | 2/4                                   | ±                 |
| Bossen et al. (2014) <sup>28</sup>     | Good          | Chronic disease   | 1 (Web)            | 5 Questionnaire<br>1 Self-reported<br>1 NS                  | 3/7                                   | ±                 |
| Cotter et al. (2014) <sup>19</sup>     | Acceptable    | DT2               | 1 (Web)            | 4 Self-reported<br>3 Questionnaire<br>1 pedometer           | 1/8                                   | ±                 |
| Kuijpers et al. (2013) <sup>20</sup>   | Good          | Chronic disease   | 1 (Web)            | 6 Self-reported<br>5 Questionnaire<br>1 pedometer<br>1 test | 2/13                                  | ±                 |
| Or et al. (2014) <sup>22</sup>         | Good          | DT2               | > 2                | 2 Self-reported<br>1 Questionnaire<br>1 pedometer           | 2/4                                   | ±                 |

|  |            |                 |         |  |       |   |
|--|------------|-----------------|---------|--|-------|---|
| Pal et al. (2014) <sup>23</sup>        | Good       | DT2             | > 2     | 3 Questionnaire<br>1 Self-reported<br>1 NS | 2/5   | ± |
| Stellefson et al. (2013) <sup>26</sup> | Good       | Chronic disease | 1 (Web) | 3 Self-reported<br>2 Questionnaire         | 2/5   | ± |
| Vegting et al. (2014) <sup>27</sup>    | Acceptable | CVD             | 1 (Web) | 4 Questionnaire<br>1 NS                    | 0/5   | ✘ |
|  |            |                 |         |  | 28/73 | ± |

Legend: ✓ positive effect; ± conflicting results; ✘ no effect

### 3.4 Effect of ICT on physical activity

Four reviews out of the 12 showed a significant influence of ICT on PA increase. Conflicting results were presented in seven other reviews and the last one concluded that no effect occurred. Statistically, there were no more reviews that showed the effectiveness rather than conflicting results or the ineffectiveness of a PA intervention ( $\chi^2 = 4.5$ ,  $p = 0.25$ ). The comparison of ICT intervention effectiveness in the four types of diseases failed to find any significant difference ( $\chi^2 = 3.75$ ,  $p = 0.75$ ) (Table 3).

#### Type 2 diabetes (T2D)

T2D was targeted in six reviews. Two showed a positive effect (Table 4).[28, 25] In the first review, [28] 15 studies were included with PA as the primary outcome. The observed PA increase ranged from 3 to 125%, and it was significant in nine studies. In the second, Ramadas et al.[25] discussed behavioral interventions based on the use of the Web. Three out of four studies found a significant improvement in PA duration and/or frequency, while one reported no effect on the total number of steps per day. The four other reviews[17, 19, 22, 23] found conflicting results. Arambepola et al.[17] evaluated the effectiveness of short text messaging on the improvement of glycemic control through the promotion of a healthy diet and PA. Two studies reported a significant improvement in the intervention group compared to the control group, and the other two had no effect. Cotter et al.[19] focused on lifestyle modification through Internet intervention. Only one out of eight studies found a significant difference between the intervention and control group. Or et al.[22] studied the impact of ICT use for general health. Only four out of 67 studies assessed PA. A significant improvement in the intervention group compared with the control group was observed in only two. Pal et al.[23]

summarized the effects of a self-management computer-based interventions. Five studies dealt with physical activity behavior change. Two studies found a significant improvement of PA expressed in kcal/day or in MET.min. The other studies showed no effect.

#### Cardiovascular diseases (CVD)

Two reviews[24, 27] dealt with the effect of ICT on PA increase in cardiovascular patients. Dale et al.[24] determined the efficacy of mobile health intervention to change lifestyle behaviors. Two studies reported a positive impact of ICT on PA. Vegting et al.[27] compared an Internet complement to usual care vs. usual care alone to determine if the use of Internet improves the cardiovascular risk profile, and failed to find a difference in PA in all reviewed studies (Table 4).

#### Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD)

Only one review dealt with COPD and assessed the effectiveness of home telehealthcare on physical outcomes.[21] Three studies in this review measured PA, but two of them were excluded because of the methodological quality. The last one observed an improvement of self-reported frequency (nb/week) in strength exercises and duration (min/week) in aerobic exercises (Table 4).

#### Chronic disease (NCD)

Finally, the last three reviews did not target a specific NCD and therefore included patients with different NCD. For these three reviews, the results were conflicting (Table 4). In the first one, Bossen et al.[18] summarized the effectiveness of Web-based PA interventions. In this review, three studies demonstrated a significant improvement of Energy Expenditure (kcal/week), duration (MET.min/week) or frequency of exercise and walking per week in the intervention group. Nevertheless, four studies observed no difference in either group. In the second review, Kuijpers et al.[20] also summarized the effects of Web-based intervention on PA. Among the 13 studies that measured PA, two observed a significant improvement in the intervention group compared to the control group. Five studies showed an increase in PA for both groups without difference between them. Three studies found conflicting results. For the last three studies, they reported no effect. The last review of Stollefson et al.[26] also assessed the effectiveness of Web-based intervention on self-management in older people with one or more chronic diseases. PA behaviors were assessed in five studies. One study reported a significant improvement in weekly minutes of exercise and another one observed a significant improvement in PA. One

study found an increase in self-monitoring PA behaviors. The other two studies did not report improvement in self-reported PA (Table 3).

#### 4. Discussion

The aim of this systematic review of reviews was to assess the effectiveness of interventions using ICT to increase PA in patients with NCD in comparison with the usual care. Reviews dealing with this objective are still rare. Indeed, this research field is recent and PA change is often an aim of multidisciplinary interventions in disease self-management including, for example, the adherence to medication, the decrease of dyspnea or the improvement of glycemic control. Moreover, while there is evidence that among patients with NCD, regular PA attenuates the disease process and decreases mortality, evidence about the effects of ICT to promote PA in these patients is very limited. This is the first overview of systematic reviews to pool all PA interventions based on ICT without distinction of technology in NCD. This comprehensive search led to the identification of 12 systematic reviews.

Our review reveals conflicting results with regard to the effectiveness of ICT-based PA interventions for chronic diseases. In fact, four reviews reported a positive effect of ICT. Two had a very good methodological quality level, one a good level and another one an acceptable level. For the seven reviews with mixed results, six had a good methodological quality level and one had an acceptable level. Finally, the last review with an acceptable methodological quality level concluded that ICT had no effect on the increase in PA. The reviews with a very good level more frequently showed positive effects and with more confidence.

Regarding the patient population, half of the selected reviews targeted T2D. Cardiovascular diseases, COPD and other chronic diseases concerned only a minority of reviews. ICT are effective for increasing PA in 0%, 33%, 50% and 100% of reviews targeting a cluster of NCD, T2D, CVD and COPD, respectively, but without significant differences between these percentages. However, in a randomized controlled trial conducted on two different populations, patients with CVD or T2D, Karhula et al.[29] concluded that interventions have a differential effect according to the disease. T2D patients might be more receptive than patients with CVD to these tools.

The ICT tools used to make the PA intervention are various. They are used alone or in combination for six reviews each, respectively. It is important to note that the Web is more frequently used than the other technologies and more frequently used alone. The four reviews

found a positive effect of ICT when at least two technologies are used simultaneously. Among the seven reviews with mixed results, five used only one technology, namely the Web. The review that reported no effect of ICT also used the Web alone. On the other hand, the effectiveness of ICT depends on the acceptance of the new tools and of their usage. Duplaga et al.[30] underlined that the acceptance of e-health is directly influenced by the perception of the usefulness of the Internet in making health-related decisions. The same observation was made by Wang et al.[31] They observed that one key point for a positive impact of health-related smartphone apps on management disease is an initial positive attitude towards these tools.

Conflicting results could also be due to PA measurement. Indeed, the tools used to assess PA are mainly subjective, such as questionnaires or self-reported tools. They are generally well accepted by all, but the imprecision of the answers and the overestimation bias are well-known.[32] Objective tools such as research activity trackers, pedometers and heart rate monitors are more accurate but less frequently used than the PA questionnaires in the studies due to their cost. Both the heterogeneity and the lack of accuracy of tools to assess PA outcomes could lead to poor evaluations of PA. Whereas PA questionnaires and self-reported tools are used by all of the selected reviews in this study, the PA measurement could be called into question.

The heterogeneity in the intervention could also be implicated in the mixed results observed. Interventions are different, not only in terms of the ICT used, as mentioned above, but for the methodology as well, in terms of duration or behavioral change theory. The duration of PA interventions included in our review ranged from 4 weeks to 1 year. The mean duration is about 6 months. In the case of behavioral change, it is important to take the temporal dimension into account. Indeed, the change implies different levels of awareness and actions over time. The transtheoretical model of Prochaska and DiClemente[33] defined the change in six stages. This model is first described to understand the process to suppress a negative behavior such as smoking.[34] The time reference chosen for each stage is 6 months. Thus, the average duration of PA intervention might be too short to observe a sustainable improvement in the stage of change.

In the interventions to increase PA, the control group received usual care, i.e., general advice and visits to their health care professionals. It should be noted that psychological effects often go hand-in-hand with participation in a study, even in the control group. Indeed, it is well known that subjects participating in an intervention study change their behavior in response to their

awareness of being observed (Hawthorne effect)[35] and therefore increase their PA level.[36] Thus, the challenge to exceed the progress in PA made for usual care (control group) is great.

## 5. Limitations

The results of the 12 reviews were conflicting because of several limitations found in the reviews and in the primary research articles. Firstly, only two reviews had PA as primary outcome [18, 28], and ten reviews did not focus only on PA[17, 19-27]. In fact, some reviews focused on lifestyle change or disease self-management. They dealt with multidisciplinary interventions including diet, tobacco cessation, medication adherence or disease education. The outcomes were often not limited to physical activity measurements and included parameters such as glycated hemoglobin, BMI or dyspnea. Secondly, another limitation is the absence of a control group in some studies. Finally, other studies did not give any PA results because they were only narrative.

## 6. Conclusion

On the basis of these 12 reviews, it is not possible to conclude that ICT interventions are more effective than usual care to improve the physical activity level in patients with chronic diseases. There were no reviews that reported a more positive intervention effect than a conflicting results or null effect. The methodological quality of the review influenced the results and a very good level of methodology more frequently highlighted effective interventions. Nevertheless, the research field is recent, the number of studies targeting specific diseases remains low, and the methodology is heterogeneous. Thus, it is necessary to conduct other studies that are both homogeneous in methodology and in duration with unbiased PA outcomes in order to identify the key points in the promotion of PA in chronic patients through ICT.

## 7. Author disclosure statement

No competing financial interests exist.

## References

1. World Health Organization. Global status report on non communicable disease. WHO Library. 2014.

2. Lee IM, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, Katzmarzyk PT. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet*. 2012;380(9838):219-29. doi:10.1016/s0140-6736(12)61031-9.
3. Hallal PC, Andersen LB, Bull FC, Guthold R, Haskell W, Ekelund U. Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. *Lancet*. 2012;380(9838):247-57. doi:10.1016/s0140-6736(12)60646-1.
4. Umpierre D, Ribeiro PA, Kramer CK, Leitao CB, Zucatti AT, Azevedo MJ Gross JL, Ribeiro JP, Schaan BD. Physical activity advice only or structured exercise training and association with HbA1c levels in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Jama*. 2011;305(17):1790-9. doi:10.1001/jama.2011.576.
5. Myers J, Prakash M, Froelicher V, Do D, Partington S, Atwood JE. Exercise Capacity and Mortality among Men Referred for Exercise Testing. *New Engl J Med*. 2002;346(11):793-801. doi:10.1056/NEJMoa011858.
6. Brawner CA, Churilla JR, Keteyian SJ. Prevalence of Physical Activity Is Lower among Individuals with Chronic Disease. *Med Sci Sports exerc*. 2016;48(6):1062-7. doi:10.1249/mss.0000000000000861.
7. Duclos M, Oppert JM, Verges B, Coliche V, Gautier JF, Guezennec Y, Reach G, Strauch G. Physical activity and type 2 diabetes. Recommendations of the SFD (Francophone Diabetes Society) diabetes and physical activity working group. *Diabetes Metab*. 2013;39(3):205-16. doi:10.1016/j.diabet.2013.03.005.
8. Dorn J, Naughton J, Imamura D, Trevisan M. Correlates of compliance in a randomized exercise trial in myocardial infarction patients. *Med Sci Sports exerc*. 2001;33(7):1081-9.
9. Union IT. ICT facts and figures 2016. International Telecommunication Union. 2016.
10. Fox S, Purcell K. Chronic disease and the Internet. Paew Internet and American Life project. 2010.
11. Wayne N, Perez DF, Kaplan DM, Ritvo P. Health Coaching Reduces HbA1c in Type 2 Diabetic Patients From a Lower-Socioeconomic Status Community: A Randomized Controlled Trial. *J Med Internet Res*. 2015;17(10):e224. doi:10.2196/jmir.4871.

12. Kim BH, Glanz K. Text messaging to motivate walking in older African Americans: a randomized controlled trial. *Am J Prev Med.* 2013;44(1):71-5. doi:10.1016/j.amepre.2012.09.050.
13. Glasgow RE, Kurz D, King D, Dickman JM, Faber AJ, Halterman E, Wooley T, Toobert DJ, Strycker LA, Estabrooks PA, Osuna D, Ritzwoller D. Outcomes of minimal and moderate support versions of an internet-based diabetes self-management support program. *J Gen Intern Med.* 2010;25(12):1315-22. doi:10.1007/s11606-010-1480-0.
14. Newton KH, Wiltshire EJ, Elley CR. Pedometers and text messaging to increase physical activity: randomized controlled trial of adolescents with type 1 diabetes. *Diabetes care.* 2009;32(5):813-5. doi:10.2337/dc08-1974.
15. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, Group P. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *J Clin Epidemiol.* 2009;62(10):1006-12. doi:10.1016/j.jclinepi.2009.06.005.
16. Shea BJ, Hamel C, Wells GA, Bouter LM, Kristjansson E, Grimshaw J et al. AMSTAR is a reliable and valid measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews. *J Clin Epidemiol.* 2009;62(10):1013-20. doi:10.1016/j.jclinepi.2008.10.009.
17. Arambepola C, Ricci-Cabello I, Manikavasagam P, Roberts N, French DP, Farmer A. The Impact of Automated Brief Messages Promoting Lifestyle Changes Delivered Via Mobile Devices to People with Type 2 Diabetes: A Systematic Literature Review and Meta-Analysis of Controlled Trials. *J Med Internet Res.* 2016;18(4):e86. doi:10.2196/jmir.5425.
18. Bossen D, Veenhof C, Dekker J, de Bakker D. The effectiveness of self-guided web-based physical activity interventions among patients with a chronic disease: a systematic review. *J Phys Act Health.* 2014;11(3):665-77. doi:10.1123/jpah.2012-0152.
19. Cotter AP, Durant N, Agne AA, Cherrington AL. Internet interventions to support lifestyle modification for diabetes management: a systematic review of the evidence. *J Diabetes Complications.* 2014;28(2):243-51. doi:10.1016/j.jdiacomp.2013.07.003.
20. Kuijpers W, Groen WG, Aaronson NK, van Harten WH. A Systematic Review of Web-Based Interventions for Patient Empowerment and Physical Activity in Chronic Diseases: Relevance for Cancer Survivors. *J Med Internet Res.* 2013;15(2):e37. doi:10.2196/jmir.2281.

21. Lundell S, Holmner A, Rehn B, Nyberg A, Wadell K. Telehealthcare in COPD: a systematic review and meta-analysis on physical outcomes and dyspnea. *Respir Med.* 2015;109(1):11-26. doi:10.1016/j.rmed.2014.10.008.
22. Or CK, Tao D. Does the use of consumer health information technology improve outcomes in the patient self-management of diabetes? A meta-analysis and narrative review of randomized controlled trials. *Int J Med Inform.* 2014;83(5):320-9. doi:10.1016/j.ijmedinf.2014.01.009.
23. Pal K, Eastwood SV, Michie S, Farmer A, Barnard ML, Peacock R Wood B, Edwards P, Murray E. Computer-based interventions to improve self-management in adults with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Diabetes care.* 2014;37(6):1759-66. doi:10.2337/dc13-1386.
24. Pfaeffli Dale L, Dobson R, Whittaker R, Maddison R. The effectiveness of mobile-health behaviour change interventions for cardiovascular disease self-management: A systematic review. *Eur J Prev Cardiol.* 2016;23(8):801-17. doi:10.1177/2047487315613462.
25. Ramadas A, Quek KF, Chan CK, Oldenburg B. Web-based interventions for the management of type 2 diabetes mellitus: a systematic review of recent evidence. *Int J Med Inform.* 2011;80(6):389-405. doi:10.1016/j.ijmedinf.2011.02.002.
26. Stellefson M, Chaney B, Barry AE, Chavarria E, Tennant B, Walsh-Childers K, Sriram PS, Zagora J. Web 2.0 Chronic Disease Self-Management for Older Adults: A Systematic Review. *J Med Internet Res.* 2013;15(2):14. doi:10.2196/jmir.2439.
27. Vegting IL, Schrijver EJM, Otten RHJ, Nanayakkara PWB. Internet programs targeting multiple lifestyle interventions in primary and secondary care are not superior to usual care alone in improving cardiovascular risk profile: A systematic review. *Eur J Intern Med.* 2014;25(1):73-81. doi: 10.1016/j.ejim.2013.08.008.
28. Connelly J, Kirk A, Masthoff J, MacRury S. The use of technology to promote physical activity in Type 2 diabetes management: a systematic review. *Diabet Med.* 2013;30(12):1420-32. doi:10.1111/dme.12289.
29. Karhula T, Vuorinen AL, Raapysjarvi K, Pakanen M, Itkonen P, Tepponen M, Junno UM, Jokinen T, van Gils M, Lahteenmaki J, Kohtamaki K, Saranummi N. Telemonitoring and

Mobile Phone-Based Health Coaching Among Finnish Diabetic and Heart Disease Patients: Randomized Controlled Trial. *J Med Internet Res*. 2015;17(6):e153. doi:10.2196/jmir.4059.

30. Duplaga M. A cross-sectional study assessing determinants of the attitude to the introduction of eHealth services among patients suffering from chronic conditions. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2015;15:33. doi:10.1186/s12911-015-0157-3.

31. Wang J, Wang Y, Wei C, Yao NA, Yuan A, Shan Y, Yuan C. Smartphone interventions for long-term health management of chronic diseases: an integrative review. *Telemed J E Health*. 2014;20(6):570-83. doi:10.1089/tmj.2013.0243.

32. Strath SJ, Kaminsky LA, Ainsworth BE, Ekelund U, Freedson PS, Gary RA, Richardson CR, Smith DT, Swartz AM. Guide to the assessment of physical activity: Clinical and research applications: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2013;128(20):2259-79. doi:10.1161/01.cir.0000435708.67487.da.

33. Prochaska JO, DiClemente CC. Transtheoretical therapy: Toward a more integrative model of change. *Psychother Theor Res*. 1982;19(3):276-88. doi:10.1037/h0088437.

34. Prochaska JO, Velicer WF. The transtheoretical model of health behavior change. *Am J Health Promot*. 1997;12(1):38-48.

35. McCarney R, Warner J, Iliffe S, van Haselen R, Griffin M, Fisher P. The Hawthorne Effect: a randomised, controlled trial. *BMC Med Res Methodol*. 2007;7:30. doi:10.1186/1471-2288-7-30.

36. Genin PM, Degoutte F, Finaud J, Pereira B, Thivel D, Duclos M. Effect of a 5-Month Worksite Physical Activity Program on Tertiary Employees Overall Health and Fitness. *J Occup Environ Med*. 2017;59(2):e3-e10. doi:10.1097/jom.0000000000000945.

## **eMouveRecherche: the first scientific application to promote light-intensity activity for the prevention of chronic diseases**

*Sylvie Rousset<sup>1\*</sup>, Romain Guidoux<sup>1</sup>, Ludivine Paris<sup>1</sup>, Nicolas Farigon<sup>2</sup>, Yves Boirie<sup>2</sup>, Philippe Lacomme<sup>3</sup>, Raksmei Phan<sup>3,4</sup>, Libo Ren<sup>3</sup>, Damien Saboul<sup>5,6</sup> and Martine Duclos<sup>1,7</sup>*

<sup>1</sup> *Université Clermont Auvergne, INRA, UNH, Unité de Nutrition Humaine, 63000 Clermont-Ferrand, France*

<sup>2</sup> *CHU Clermont-Ferrand, Service Nutrition Clinique, 63003 Clermont-Ferrand, France*

<sup>3</sup> *Laboratoire d'Informatique (LIMOS, UMR CNRS 6158), Campus des Cézeaux, 63177 Aubière Cedex, France*

<sup>4</sup> *Centre Ingénierie et Santé – École des Mines de Saint-Étienne, 42027 Saint-Etienne, France*

<sup>5</sup> *Almerys, 46 rue du Ressort, 63967 Clermont-Ferrand Cedex 9, France*

<sup>6</sup> *Laboratoire Interuniversitaire de Biologie de la Motricité (LIBM EA 7424), Université de Lyon, France*

<sup>7</sup> *CHU Clermont-Ferrand, Service Médecine du Sport et des Explorations Fonctionnelles, 63003 Clermont-Ferrand, France*

### **Abstract**

Physical inactivity and long sedentary time are involved in the development of chronic diseases. The aim of this study was to compare the intensity of spontaneous physical activity in two population samples consisting of 30 normal weight and 30 overweight or obese adults. Physical activity on an ordinary day was evaluated using the eMouveRecherche application that collected and sent smartphone accelerometry data to the ActivCollector Web platform via Internet. The algorithms implemented on the platform can accurately discriminate between sedentary and active behaviors, including their duration expressed in minutes and in percentage of waking period, in real time and ecological conditions. Physical activities are divided into four categories by the algorithms according to their intensity: immobility, light, moderate and vigorous intensity. The data were collected in 2013 and 2014 in Clermont-Ferrand and analyzed in 2015-2017. Time spent in only two categories was found to differ between the two populations. Immobile activities were longer in overweight than in normal weight participants (652 min vs. 504 min, 81.4% vs. 65.0%,  $p < 0.0001$ ). In contrast, the light-intensity activities were more popular in normal weight than in overweight participants (215 min vs. 124 min, 29.5% vs. 15.4%,  $p < 0.0001$ ). No difference was observed for either the moderate- or vigorous-intensity categories. BMI and waist circumference were positively correlated with immobility and negatively with light-intensity activities. The results provided additional interesting indications in terms of time spent in light-intensity activities associated with normal weight status and seem to support the positive effect of this activity category on health

**Keywords:** spontaneous daily living activity, free-living conditions, body mass index, physical activity, sedentary time, smartphone application

## **Article 4 :**

J Med Syst (2017) 41:117  
DOI 10.1007/s10916-017-0763-y



MOBILE & WIRELESS HEALTH

# **A Novel Smartphone Accelerometer Application for Low-Intensity Activity and Energy Expenditure Estimations in Overweight and Obese Adults**

*Sylvie Rousset<sup>1</sup>, Romain Guidoux<sup>1</sup>, Ludivine Paris<sup>1</sup>, Nicolas Farigon<sup>2</sup>, Magalie Miolanne<sup>2</sup>, Clément Lahaye<sup>2</sup>, Martine Duclos<sup>1,3</sup>, Yves Boirie<sup>1,2</sup>, Damien Saboul<sup>4,5</sup>*

<sup>1</sup> *Université Clermont Auvergne, INRA, UNH, Unité de Nutrition Humaine, 63000 Clermont-Ferrand, France*

<sup>2</sup> *CHU Clermont Ferrand, Service Nutrition Clinique, 63003 Clermont Ferrand, France*

<sup>3</sup> *CHU Clermont Ferrand, Service Médecine du Sport et des Explorations Fonctionnelles, 63003 Clermont Ferrand, France*

<sup>4</sup> *Almerys, 46 rue du Ressort, 63967 Clermont-Ferrand Cedex 9, France*

<sup>5</sup> *Laboratoire Interuniversitaire de Biologie de la Motricité (LIBM EA 7424), Université de Lyon, Lyon, France*

## **Abstract**

Abstract Physical inactivity and sedentary behaviors are on the rise worldwide and contribute to the current overweight and obesity scourge. The loss of healthy life style benchmarks and the lack of the need to move make it necessary to provide feedback about physical and sedentary activities in order to promote active ways of life. The aim of this study was to develop a specific function adapted to overweight and obese people to identify four physical activity (PA) categories and to estimate the associated total energy expenditure (TEE). This function used accelerometry data collected from a smartphone to evaluate activity intensity and length, and TEE. The performance of the proposed function was estimated according to two references (Armband® and FitmatePro®) under controlled conditions (CC) for a 1.5-h scenario, and to the Armband® device in free-living conditions (FLC) over a 12-h monitoring period. The experiments were carried out with overweight and obese volunteers: 13 in CC and 27 in FLC. The evaluation differences in time spent in each category were lower than 7% in CC and 6% in FLC, in comparison to the Armband® and FitmatePro® references. The TEE mean gap in absolute value between the function and the two references was 9.3% and 11.5% in CC, and 8.5% according to Armband® in FLC.

**Keywords:** Smartphone. Accelerometry. Mobility. Activity estimation. Energy expenditure. Obese

## Article 5 :

*Current Biotechnology*, 2015, 4, 4-15

# Use of Smartphone Accelerometers and Signal Energy for Estimating Energy Expenditure in Daily-Living Conditions

*Martine Duclos<sup>1,2</sup>, Gerard Fleury<sup>3</sup>, Romain Guidoux<sup>2</sup>, Philippe Lacomme<sup>4</sup>, Nicolas Lamaudiere<sup>1</sup>, Pierre-Henri Manenq<sup>5</sup>, Ludivine Paris<sup>2</sup>, Libo Ren<sup>4</sup> and Sylvie Rousset<sup>2,\*</sup>*

<sup>1</sup> *Université d'Auvergne, CHU Clermont Ferrand, Serv Med Sport & Explorat Fonct, 63003 Clermont-Ferrand, France*

<sup>2</sup> *INRA, Unité de Nutrition Humaine UMR 1019, CRNH d'Auvergne, 63009 Clermont-Ferrand, France*

<sup>3</sup> *Laboratoire de Mathématiques (UMR CNRS 6620), Campus des Cézeaux, 63177 Aubière Cedex, France*

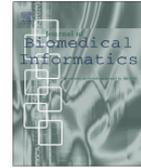
<sup>4</sup> *Laboratoire d'Informatique (LIMOS, UMR CNRS 6158), Campus des Cézeaux, 63177 Aubière Cedex, France*

<sup>5</sup> *ALMERYYS, 46 rue du Ressort, 63967 Clermont-Ferrand Cedex 9, France*

## **Abstract**

This paper aims to introduce an efficient predictive function for total energy expenditure (TEE) in everyday life using dedicated mass-market sensors similar to those found in widespread smartphones and tablets. Our research encompasses the design of a TEE estimation model using the smartphone accelerometer with a new signal-to-energy transformation function. The main idea of this study consists in using the signal intensity instead of the activity recognition, since the signal intensity of the accelerometer is related to the amplitude of activities. The performance of the proposed function is estimated using a smartphone-based implementation and evaluated compared to references (the scenario associated with compendium MET values, ArmbandR and ActiheartR) under controlled conditions (CC) for 3.5 hours, and to both devices in free-living conditions (FLC) over a 12-hour monitoring period. The experiments were carried out with 12 volunteers in CC and 30 volunteers in FLC. The TEE mean gap in absolute value between the function and the three references (scenario, ArmbandR and ActiheartR) was 3.5%, 6.6% and 14.1% in CC, and 14.1% and 15.0% according to ArmbandR and ActiheartR in FLC, respectively.

*Keywords:* Accelerometry, controlled conditions, daily-living physical activities, discretization method, energy expenditure, free-living conditions, smart-energy computing, smartphone.



## **A smartphone-driven methodology for estimating physical activities and energy expenditure in free living conditions**

*Romain Guidoux<sup>a</sup>, Martine Duclos<sup>a,b</sup>, Gérard Fleury<sup>c</sup>, Philippe Lacomme<sup>d</sup>, Nicolas Lamaudière<sup>b</sup>,  
Pierre-Henri Manenq<sup>e</sup>, Ludivine Paris<sup>a</sup>, Libo Ren<sup>d</sup>, Sylvie Rousset<sup>a</sup>*

<sup>a</sup> INRA, Unité de Nutrition Humaine UMR 1019, CRNH d'Auvergne, 63009 Clermont-Ferrand, France

<sup>b</sup> CHU Clermont Ferrand, Serv Med Sport & Explorat Fonct, 63003 Clermont Ferrand, France

<sup>c</sup> Laboratoire de Mathématiques (UMR CNRS 6620), Campus des Cézeaux, 63177 Aubière Cedex, France

<sup>d</sup> Laboratoire d'Informatique (LIMOS, UMR CNRS 6158), Campus des Cézeaux, 63177 Aubière Cedex, France

<sup>e</sup> Almerys, 46 rue du Ressort, 63967 Clermont-Ferrand Cedex 9, France

### **Abstract**

This paper introduces a function dedicated to the estimation of total energy expenditure (TEE) of daily activities based on data from accelerometers integrated into smartphones. The use of mass-market sensors such as accelerometers offers a promising solution for the general public due to the growing smartphone market over the last decade. The TEE estimation function quality was evaluated using data from intensive numerical experiments based, first, on 12 volunteers equipped with a smartphone and two research sensors (Armband and Actiheart) in controlled conditions (CC) and, then, on 30 other volunteers in free-living conditions (FLC). The TEE given by these two sensors in both conditions and estimated from the metabolic equivalent tasks (MET) in CC served as references during the creation and evaluation of the function. The TEE mean gap in absolute value between the function and the three references was 7.0%, 16.4% and 2.7% in CC, and 17.0% and 23.7% according to Armband and Actiheart, respectively, in FLC. This is the first step in the definition of a new feedback mechanism that promotes self-management and daily efficiency evaluation of physical activity as part of an information system dedicated to the prevention of chronic diseases.

**Keywords:** Energy expenditure estimation, Physical activity, Smartphone accelerometers, Normal-weight subjects, Actiheart, Armband

## Article 7 :

**PRATIQUE EN NUTRITION - n°50 Avril-Juin 2017**

# **La santé personnalisée : les objets connectés pour adopter de nouveaux comportements**

*Jules Cissoko<sup>a</sup>, Martine Duclos<sup>a,b</sup>, Anthony Fardet<sup>a</sup>, Philippe Lacomme<sup>c</sup>, Ludivine Paris<sup>a,d</sup>, Faustine Régnier<sup>e</sup>, Sylvie Rousset<sup>a</sup>*

<sup>a</sup> *Université Clermont Auvergne, Inra, UNH, CRNH d'Auvergne, 63000 Clermont-Ferrand, France*

<sup>b</sup> *Service de Médecine du Sport et des Explorations Fonctionnelles, CHU Gabriel-Montpied, 58 rue Montalembert, 63003 Clermont-Ferrand cedex 1, France*

<sup>c</sup> *Limos, UMR CNRS 6158, Campus des Cézeaux, 1 rue de la Chebarde, TSA 60125, CS 60026, 63178 Aubière, France*

<sup>d</sup> *Biomouv, Cap Omega Rond-Point Benjamin-Franklin, CS 39521, 34000 Montpellier, France*

<sup>e</sup> *Inra ALISS UR1303, Université Paris-Saclay, 65 boulevard de Brandebourg, 94200 Ivry-sur-Seine, France*

## **Résumé**

Le développement d'outils validés scientifiquement pour évaluer l'activité physique et les apports alimentaires jouera, dans les années à venir, un rôle déterminant dans l'éducation des jeunes et la prise en charge des patients. L'acceptation sociale évidente des objets connectés et leur interactivité pourraient être un soutien déterminant pour le suivi médical et individuel. Les conséquences pourraient être considérables pour le bien-être et la réduction des coûts de santé.

*Mots clés :* activité physique ; auto-évaluation ; montre connectée ; prise alimentaire ; prise en charge des patients chroniques ; smartphone

## **Connected devices: A new promising approach for an efficient health self-management via physical activity and diet?**

The development of scientifically validated tools for evaluating physical activity and food intakes will play a decisive role in youth education and in patient management. The widespread adoption of connected devices and their feedback mechanisms could be a determinant support for medical and individual monitoring. The consequences could be considerable for well-being and health care cost reduction.

*Keywords:* chronically sick patients' management; food intake; physical activity; quantified-self; smartphone; smartwatch

*Annexe 2 : Récapitulatifs des caractéristiques des différentes mesures de l'AP*

| <b>Technique</b>                    | <b>Mesure</b>   | <b>Conditions d'utilisation</b> | <b>Avantage</b>                                       | <b>Inconvénient</b>  |
|-------------------------------------|---|---------------------------------|---|--|
| Calorimétrie directe                | Production de chaleur                                   | CC (chambre calorimétrique)     | Précision   | Onéreux  |
| Calorimétrie indirecte respiratoire | Echanges gazeux   | CC (chambre calorimétrique)     | Précision   | Onéreux  |
| EDM                                 | Cinétique d'élimination $^2\text{H}$ et $^{18}\text{O}$ | CHV                             | Précision DET   | Onéreux  |
| Accéléromètre                       | Accélération  | CC - CHV                        | Peu onéreux   | Précision est fonction des seuils (coups/min – accél/min) utilisés. Formules de conversion pas toujours publiées |
| Podomètre                           | Nombre de pas   | CC - CHV                        | Peu onéreux   | Précision modeste  |
| Questionnaire                       | Fréquence durée et intensité                            | CC - CHV                        | Facile d'utilisation<br>Evaluation de l'AP de cohorte | Surestimation de l'AP<br>Sous-estimation de la sédentarité   |

*Annexe 3 : Tableau des recommandations en Activité Physique Adaptée*

**Les recommandations en AP pour les patients atteints de pathologies chroniques ne sont pas différentes en terme de quantité. Il est cependant important de savoir adapter les séances à l'individu et de progresser selon ses capacités et sa pathologie.**

| Auteurs                       | Date de publication et Journal (abréviations) | Recommandations sociétés savantes ou expérimentations - Titre                       | Pathologie | Type d'effort                    | Intensité                           | Fréquence           | Durée                                    | Remarques  |   |
|-------------------------------|---|---|------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------|--|--|---|
| Martine Duclos et coll        | 2011  | Référentiel Société Francophone du Diabète "Activité physique et Diabète de type 2" | DT2        | Endurance                        | 40-60% VO <sub>2</sub> max          | 3 fois / sem (mini) | 150 min / sem (mini)                     | 1 session = 10 min minimum; pas plus de 2 jours consécutifs sans activité  | Possible prescription d'une <b>épreuve d'effort</b> pour AP intense, surtout s'il y a un <b>risque ischémique</b> . Démarrer progressivement et de façon personnalisée. Contrôle glycémique, avant et après l'effort, recommandé au début = éducation du patient, adapter le traitement |
|                               |   |   |            | Contre-résistance (renforcement) | 50-80% 1-RM (1-Répétition Maximale) | 2 fois / sem (mini) | jusqu'à apparition de la fatigue         | 5 à 10 groupes musculaires, 10 à 15 répétitions par série, 3 série par groupe musculaire ; augmenter progressivement les charges |   |
| American Diabetes Association | 2015 Diabetes Care                            | Position statement "Standards of medical care in Diabetes - 2015"                   | DT1 et DT2 | Endurance                        | modérée et/ou vigoureuse            | 3 fois / sem (mini) | 150 min ou 75 min (mini) selon Intensité | Commencer avec de faible charge et une durée courte, puis augmenté   | <b>Contre-Indication:</b> HTA non stabilisée, neuropathie sévère, rétinopathie proliférative ou   |

|                 |                               |   |                                 |                                  |                                      |                   |  |  |   |
|-----------------|-------------------------------|---|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------|--|--|---|
|                 |                               |   |                                 | Contre-résistance (renforcement) |                                      | 2 fois / sem      |  | progressivement selon les capacités  | sévère non proliférative instable   |
| Bachmann and al | 2015 In Press Nutr Clin Métab | Activité physique pendant et après le cancer : comment prescrire et dans quels but  | Cancer notamment cancer du sein | Endurance                        | modérée et/ou vigoureuse             |                   | 150 min ou 75 min (mini) selon Intensité | 1 session = 10 min minimum ; pas plus de 2 jours consécutifs sans activité   | Baisse AP après diagnostic cancer du sein = tx de mortalité *4 vs femme déjà sédentaire avec même cancer.<br><b>Précautions chez les patients avec fragilité particulière</b> (comorbidité instable, chirurgie récente, radio-chimiothérapie) |
|                 |                               |   |                                 | Contre-résistance (renforcement) |                                      | 2 à 3 fois / sem  |  |  |   |
| Duclos M        | 2009 Sci Sp                   | Revue générale _ Activité physique et cancer du sein et du côlon: l'activité physique basée sur les preuves scientifiques | Cancer du sein                  | Endurance                        | modérée ou intense                   | au - 5 fois / sem | 20-30 min selon Intensité                | AP doit être adaptée à chaque patient et suivie par un professionnel. Dans ces conditions, il y a très peu de contre-indication à la pratique d'une AP post-traitement |   |
|                 |                               |   |                                 | Contre-résistance (renforcement) | faible charge, faible incrémentation | 3 fois / sem      | 20 min                                   |  |   |
|                 |                               |   |                                 | Etirement                        |                                      | au - 3 fois / sem |  |  |   |
|                 | 2015 Onc                      |   |                                 | Endurance                        | 60-80% FCres                         |                   |  |  |   |

|                              |                      |   |                                  |                                  |                            |   |  |  |  |
|------------------------------|----------------------|---|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|---|--|--|--|
| Villaron C et coll           |                      | Soins de support<br>Activité physique et cancer du sein métastatique: qualité de vie, fatigue et estime de soi _ étude pilote | Cancer du sein métastatique      | Contre-résistance (renforcement) | 60-80% Force max           | supervisée: 10 min échauffement, 35 min ex (endurance + renfo). En autonomie: activité aérobie modérée 2 * 30 min |  |  |  |
|                              |                      |   |                                  | Etirement                        |                            | 10 min et 5 retour au calme   |  |  |  |
| ACSM                         | 1994                 | Exercise for patients with coronary artery disease  | Maladies coronariennes           | Endurance                        | 40-85% VO <sub>2</sub> pic | 3 fois / sem  | 10 min d'échauffement, 20-40 min d'exercice et 10 min d'étirement    | Evaluation (antécédents, examen clinique et test progressif) pour adapter le programme au statut médical général et cardiovasculaire | Dysfonction sévère ventricule gauche, arythmie ventriculaire complexe, infarctus du myocarde récent = <b>haut risque de complications</b> -> AP sous surveillance médical direct car conséquences possible = infarctus, arrêt cardiaque, mort subite |
|                              |                      |   |                                  | Contre-résistance (renforcement) | Confortable = sans douleur |   | circuit-training: 10-12 exercices, 10-12 répétitions                 |  |  |
| Thibaut R, Meyer P et Cano N | 2014 Nutr Clin Metab | Revue générale _ Activité physique, nutrition et insuffisance cardiaque chronique   | Insuffisance cardiaque chronique | Endurance                        | 40-50% VO <sub>2</sub> pic | 3 à 5 fois / sem  | 5 min échauffement 30 min d'exercice et 5 min de récupération active | Débuter à une faible intensité pendant une courte durée, puis augmenter progressivement d'abord l'intensité puis la durée            |  |

|                            |                     |  |                                  |   |  |                  |   |   |   |
|----------------------------|---------------------|--|----------------------------------|---|--|------------------|---|---|---|
|                            |                     |  |                                  | Contre-résistance (renforcement)              | Exercices contre résistance sur appareil de muscu, en utilisant le poids de son corps ou élastique. <b>Exercices avec poids libre = Déconseillés</b> |                  |   |   |   |
| Wisloff and al             | 2007<br>Circulation | Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training failure patients | Insuffisance cardiaque chronique | Entraînement par Intervalle à Haute Intensité | 90-95% FCpic   | 2 fois / sem     | 4 séries de 4 min de marche + 3 min repos complet                                     | à VO2pic de 46%, à FEVG de 35% et amélioration fonctions endothéliales et mitochondriales |   |
| American Heart Association | 2004                | Scientific statement _ Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors                       | post-AVC                         | Endurance                                     | 40-70% VO2pic ou 50-80% Fcmax  | 3 à 7 fois / sem | séance de 20 à 60 min, 10 min minimum par séance                                      | marche sur tapis, vélo stationnaire, ergocycle pour les bras                              | Minimiser les risques liés à l'AP: évaluation pré-exercice, programme adapté, éducation thérapeutique. Evaluation pré-exercice: 1) Interrogatoire médical et examen clinique : identifier les facteurs nécessitant un attention particulière ou constituant un contre-indication. 2) Test physique progressif: évaluer la réponse cardiovasculaire à l'effort |
|                            |                     |  |                                  | Contre-résistance (renforcement)              |  | 2 à 3 fois / sem | 1 à 3 série de 10-15 répétitions de 8-10 ex regroupant les grands groupes musculaires | circuit training, musculation sans charge ou avec charge sur machine                      |   |
|                            |                     |  |                                  | Souplesse                                     |  | 2 à 3 fois / sem |   |   |   |

|      |      |                                     |          |                                  |                                       |                     |  |   |   |
|------|------|-------------------------------------|----------|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------|--|---|---|
|      |      |                                     |          | Coordination/<br>Equilibre       |                                       | 2 à 3 fois /<br>sem |  |   |   |
| ACSM | 2012 | Article _ Exercise<br>and arthritis | Arthrose | Endurance                        | modérée                               | 5 fois / sem        | 30-60min                                   | Attention aux exercices à fort impact comme la course. Favoriser la marche ou les sports dit "portés" comme cyclisme, vélo elliptique   | Adapter les séances selon le type et la sévérité de la maladie. Commencer l'AP doucement avec 2-3 séances par semaine puis augmenter progressivement. Pour les arthrites de type systémique comme la polyarthrite rhumatoïde, le système immunitaire est atteint, le temps de récupération entre 2 séances peut être plus long. |
|      |      |                                     |          | Contre-résistance (renforcement) |                                       | 2 fois / sem        |  | Attention aux exercices en circuit ouvert (poids libre) car trop de stress au niveau des articulations. Favoriser exercices avec machine ou en utilisant le poids du corps comme les squats |   |
|      |      |                                     |          | Flexibilité                      | pas au-delà de la flexibilité normale | plusieurs fois / jr | 5 à 10 répétition pour chaque articulation | travailler quotidiennement en bougeant les articulation dans le sens du mouvement normal afin de prévenir la perte de mobilité et la sensation de douleur                                   |   |

|  |      |                    |      |   |                                |                     |                                       |   |  |
|--|------|--------------------|------|---|--------------------------------|---------------------|---------------------------------------|---|--|
| American<br>Thoracic<br>Society<br>Documents &<br>ACSM | 2013 | Official Statement | BPCO | Endurance                                   | > 60% charge<br>max de travail | 3 à 5 fois /<br>sem | 20 à 60 min                           | Si difficulté à atteindre<br>l'intensité cible ou tenir la<br>durée définie, travail<br>intermittent possible   |  |
|  |      |                    |      | Contre-<br>résistance<br>(renforcem<br>ent) | 60-70% 1-RM                    | 2 à 3 fois /<br>sem | 1 à 3 série de<br>8-12<br>répétitions | Muscu des mbre inférieurs s'associe au travail d'endurance<br>pour améliorer cap physique aérobie. Muscu des mbres<br>supérieur aide à retrouver une certaine autonomie dans la<br>réalisation des tâches quotidiennes (ménage, toilette,<br>courses) |  |
|  |      |                    |      | Souplesse                                   |                                | 2 à 3 fois /<br>sem |                                       | principaux groupes muscu + cou, épaule, tronc   |  |

*Annexe 4 : Caractérisation des connaissances et usages des TIC*

1. Avez-vous un accès à internet ?

- Oui       Non       Ne sais pas

2. A quelle fréquence utilisez-vous internet ? (plusieurs choix possibles)

- Plusieurs fois par jour  
 Une fois par jour  
 3 à 5 fois par semaine  
 2 fois par semaine  
 1 fois par semaine  
 moins d'1 fois par semaine

3. Pour quelle(s) raison(s) utilisez-vous internet ? (plusieurs choix possibles)

- Pour votre activité professionnelle  
 Pour communiquer (messagerie, appel par internet)  
 Pour des recherches précises, avoir réponse à des questions que vous vous posez  
 Pour les actualités  
 Pour commander et acheter en ligne  
 Vous naviguez sans objectif précis  
 Autre (préciser) \_\_\_\_\_

4. Savez-vous ce que sont les objets connectés ?

- Oui       Non       Ne sais pas

Si oui, en citer un : \_\_\_\_\_

5. Possédez-vous des objets connectés ?

- Oui       Non       Ne sais pas

Si oui lequel : \_\_\_\_\_

6. Possédez-vous un smartphone (= téléphone mobile permettant de se connecter à internet, relever ses mails, télécharger des applications mobiles, de prendre des photos ou vidéos ou d'écouter de la musique.)

Oui                       Non                       Ne sais pas

Si oui, pourquoi utilisez-vous votre smartphone ? (plusieurs choix possibles)

- Principalement pour téléphoner et envoyer des sms
- Pour prendre des photos, lire des vidéos
- Pour recevoir et envoyer mes mails
- Pour faire des recherches sur internet
- Pour jouer
- Pour écouter de la musique, ou la radio
- Car j'utilise des applications mobiles pour mon quotidien
- Autre (préciser) : \_\_\_\_\_

7. Savez-vous ce qu'est une application mobile ?

Oui                       Non                       Ne sais pas

Si oui, citez en une et dites à quoi elle sert : \_\_\_\_\_

8. Avez-vous déjà téléchargé une application mobile sur votre smartphone ?

Oui                       Non                       Ne sais pas

Si oui les applications que vous utilisez le plus souvent concernent :

- Votre vie quotidienne (GPS, météo, banque, les actualités, la cuisine)
- Vos échanges sur des réseaux sociaux (Facebook, Twitter, Instagram, Messenger)
- Vos divertissements (jeux, musique, vidéos)
- Vos activités physiques ou sportives
- Votre alimentation
- Votre santé (coaching, conseils...)
- Autre (préciser) : \_\_\_\_\_

9. Connaissez-vous les termes « e-santé », « santé connectée » ou « télémédecine » ?

Oui                       Non                       Ne sais pas

Si oui, que signifient-ils ? \_\_\_\_\_

10. Avez-vous déjà interrogé internet pour obtenir des informations relatives à la santé ?

Oui                       Non                       Ne sais pas

11. Seriez-vous prêt à intégrer les nouvelles technologies (telles que l'utilisation d'internet, de sites web, de smartphone ou tablette, d'objets connectés)

- dans votre parcours de soins ?

Oui                       Non                       Ne sais pas

Si oui, pourquoi ?

- Pour faciliter votre suivi par votre médecin ou équipe soignante
- Vous vous sentiriez accompagné et suivi plus régulièrement
- Vous êtes curieux/se de ces nouveaux outils et des informations qu'ils peuvent vous apporter
- Cela vous motiverait pour améliorer votre santé
- Cela vous aiderait dans la gestion de votre maladie :
  - Pour gérer la prise de vos médicaments
  - Pour gérer vos consultations médicales
  - Pour gérer votre activité physique
  - Pour gérer votre poids
  - Pour suivre votre glycémie
  - Pour suivre votre fréquence cardiaque
- Vous pensez que c'est l'avenir
- Autre (préciser) : \_\_\_\_\_

Si non, pourquoi ?

- Vous n'êtes pas familier avec l'utilisation de ces outils, vous les trouvez trop compliqués
- Vous êtes réticent à l'idée d'échanger par internet des informations vous concernant
- Il faut toujours avoir accès à Internet ou l'objet connecté sur soi
- Cela vous semble trop contraignant à utiliser
- Vous auriez l'impression d'être surveillé

- Les écrans des smartphones ou tablettes sont trop petits
- Vous n'en voyez pas l'intérêt
- Vous ne pouvez pas financièrement investir dans ce type de matériel
- Autre (préciser) : \_\_\_\_\_

- Pour l'activité physique?

- Oui       Non       Ne sais pas

Si oui, pourquoi ?

- Vous pensez que les informations sont fiables
- Cela vous motiverait à bouger plus au quotidien
- Vous voulez des chiffres concrets sur votre activité physique
- Vous voulez des conseils par rapport à votre activité physique
- Vous voulez des rappels pour vous inciter à faire de l'activité physique
- Vous voulez des propositions d'activités physiques
- Vous pensez que c'est l'avenir
- Autre (préciser) : \_\_\_\_\_

Si non, pourquoi ?

- Vous n'êtes pas sûr que les informations soient fiables
- Ces outils ne sont pas pratiques lors de l'activité physique
- Les messages ne sont pas encourageants
- Ces outils ne m'aident pas à progresser
- Ces outils sont énervants
- Ce n'est pas assez interactif, cela devient lassant
- Cela ne répond pas à mes besoins
- Autre (préciser) : \_\_\_\_\_

*Annexe 5 : Caractérisation des profils intentionnels, motivation, de l'état de santé et des comportements*

Partie A : Intention et motivation vis-à-vis de l'activité physique.

1. Veuillez sélectionner la situation vis-à-vis de l'activité physique qui vous correspond le plus.

|   |  |
|---|--|
| Je ne fais pas d'activité physique et je ne pense pas en faire dans les 6 prochains mois                          |  |
| Je ne fais pas d'activité physique mais je pense commencer à en faire dans les 6 prochains mois                   |  |
| Je fais actuellement un peu d'activité physique, mais pas régulièrement*  |  |
| Je fais régulièrement de l'activité physique mais j'ai seulement commencé à en faire au cours des 6 derniers mois |  |
| Je fais régulièrement de l'activité physique depuis plus de 6 mois  |  |
| J'ai régulièrement fait de l'activité dans le passé, mais je n'en fais pas actuellement                           |  |

\* Activité Physique régulière : 5 fois par semaine ou plus, à raison de 30 minutes ou plus.

2. Veuillez maintenant attribuer une note de 0 à 4 à chacun des points ci-dessous, en fonction de **ce qui correspond le mieux à votre cas/situation**. Entourez une réponse par ligne.

|   |   | Non pas du tout |   | C'est parfois vrai |   | Oui tout à fait |
|---|---|-----------------|---|--------------------|---|-----------------|
| 1 | Je fais de l'activité physique parce que les autres estiment que je dois en faire | 0               | 1 | 2                  | 3 | 4               |
| 2 | Je me sens coupable si je ne fais pas d'activité physique                         | 0               | 1 | 2                  | 3 | 4               |
| 3 | J'apprécie les avantages que m'apporte l'activité physique                        | 0               | 1 | 2                  | 3 | 4               |
| 4 | Je fais de l'activité physique parce que j'aime ça                                | 0               | 1 | 2                  | 3 | 4               |

|    |   |   |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|---|---|
| 5  | Je ne vois pas pourquoi je ferais de l'activité physique  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6  | Je fais de l'activité physique parce que mes amis/ma famille/mon partenaire estime(nt) que je dois en faire     | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 7  | J'ai honte quand je loupe une séance d'activité physique  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 8  | J'estime qu'il est important de pratiquer une activité physique régulière                                       | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 9  | Je ne vois pas pourquoi je devrais prendre la peine de faire de l'activité physique                             | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 10 | J'apprécie mes séances d'activité physique  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 11 | Je fais de l'activité physique parce que les autres n'apprécieraient pas que je n'en fasse pas                  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 12 | Je ne vois pas l'utilité de l'activité physique   | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 13 | Je me sens minable quand je n'ai pas fait d'activité physique pendant un certain temps                          | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 14 | J'estime qu'il est important de faire un effort pour pratiquer régulièrement                                    | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 15 | Je trouve que l'activité physique est une activité agréable   | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 16 | Je trouve que mes amis/ma famille/mon partenaire font pression sur moi pour que je fasse de l'activité physique | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 17 | Je me sens nerveux(se) si je ne fais pas de l'activité physique régulièrement                                   | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 18 | L'activité physique m'apporte du plaisir et de la satisfaction  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 19 | Je trouve que l'activité physique est une perte de temps  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |

Partie B : Les douleurs articulaires

1. Intensité des douleurs articulaires

- a. Quel était votre niveau de douleur articulaire moyenne **sur la semaine écoulée** ?  
Cochez la case correspondant à l'intensité de cette douleur.

|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Aucune<br>douleur        |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          | Douleur<br>intolérable   |
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        | 8                        | 9                        | 10                       |                          |
| <input type="checkbox"/> |

- b. Quel était votre niveau de douleur articulaire moyenne **au cours de vos activités physiques** de la semaine écoulée ? Cochez la case correspondant à l'intensité de cette douleur.

|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Aucune<br>douleur        |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          | Douleur<br>intolérable   |
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        | 8                        | 9                        | 10                       |                          |
| <input type="checkbox"/> |

2. Antalgique

Avez-vous consommé des antalgiques (Aspirine, Doliprane, Efferalgan, Paracétamol, Voltarène...) Oui  Non

3. Dérouillage matinal

Le dérouillage matinal correspond au temps nécessaire au réveil pour « dérouiller » des articulations « enraidies ».

Indiquez le temps de dérouillage matinal (**en minutes**)? \_\_\_\_\_

#### 4. Auto-efficacité ou efficacité perçue

Nous aimerions savoir quel est le degré de confiance que vous avez quant à la réalisation de certaines activités. Pour chaque question, choisissez le nombre correspondant à votre degré de confiance concernant la réalisation régulière des activités données.

|   | <b>0=incapable 4=tout à fait capable</b> |                          |                          |                          |                          |
|---|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|   | <b>0</b>                                 | <b>1</b>                 | <b>2</b>                 | <b>3</b>                 | <b>4</b>                 |
| 1. Pensez-vous être capable de réduire vos douleurs de manière significative ?  | <input type="checkbox"/>                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. Pensez-vous être capable de poursuivre la plupart de vos activités quotidiennes ?  | <input type="checkbox"/>                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. Pensez-vous être capable de gérer vos douleurs arthrosiques afin qu'elles ne perturbent pas votre sommeil ?  | <input type="checkbox"/>                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. Pensez-vous être en mesure de réduire ne serait-ce que modérément vos douleurs arthrosiques en ayant recours à d'autres moyens que la prise de médicaments supplémentaires ? | <input type="checkbox"/>                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. Pensez-vous être en mesure de réduire fortement vos douleurs arthrosiques en ayant recours à d'autres moyens que la prise de médicaments supplémentaires                     | <input type="checkbox"/>                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

#### Partie C : Perception de la santé

1. De manière générale, comment estimez-vous votre condition physique actuelle ?

Très mauvaise

Excellente

|          |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> |
|----------|----------|----------|----------|----------|

2. Vous trouvez-vous plutôt mince ou plutôt en excès de poids ?

Trop mince

Trop de poids

|          |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> |
|----------|----------|----------|----------|----------|

3. Pensez-vous avoir une alimentation équilibrée ?

Pas du tout

Très équilibrée

|          |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> |
|----------|----------|----------|----------|----------|

4. Dormez-vous bien la nuit et vous sentez vous reposé ?

Je dors très mal

Je dors très bien

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|

5. Vous sentez-vous stressé ces temps-ci ?

Très stressé

Très détendu

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|

6. Comment percevez-vous votre niveau général de santé actuellement ?

Très mauvais

Très bon

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|

Partie D : Qualité de vie (SF12)

1. Dans l'ensemble, pensez-vous que votre santé est (cochez ce que vous ressentez) :

Excellente  Très bonne  Bonne  Médiocre  Mauvaise

2. En raison de votre état de santé actuel, êtes-vous limité pour :

a) des efforts physiques modérés (déplacer une table, passer l'aspirateur, jouer aux boules...) ?

Oui, beaucoup limité  Oui, un peu limité  Non, pas du tout limité

b) monter plusieurs étages par l'escalier ?

Oui, beaucoup limité  Oui, un peu limité  Non, pas du tout limité

3. Au cours de ces 4 dernières semaines, et en raison de votre état physique :

a) Avez-vous accompli moins de chose que vous auriez souhaité?

toujours  la plupart du temps  souvent  parfois  jamais

b) Avez-vous été limité pour faire certaines choses

toujours  la plupart du temps  souvent  parfois  jamais

4. Au cours de ces 4 dernières semaines, et en raison de votre état émotionnel (comme vous sentir triste, nerveux ou déprimé) :

a) Avez-vous accompli moins de choses que vous auriez souhaité?

toujours  la plupart du temps  souvent  parfois  jamais

- Avez-vous eu des difficultés à faire ce que vous aviez à faire avec autant de soin et d'attention que d'habitude ?

toujours  la plupart du temps  souvent  parfois  jamais

5. Au cours de ces 4 dernières semaines, dans quelle mesure vos douleurs physiques vous ont-elles limité dans votre travail ou vos activités domestiques?

pas du tout  un petit peu  moyennement  assez fortement  très fortement

6. Les questions suivantes portent sur comment vous vous êtes senti au cours de ces 4 dernières semaines. Pour chaque question, indiquez la réponse qui vous semble la plus appropriée.

a) Y a-t-il eu des moments où vous vous êtes senti calme et détendu ?

toujours  la plupart du temps  souvent  parfois  jamais

- Y a-t-il eu des moments où vous vous êtes senti débordant(e) d'énergie ?

toujours  la plupart du temps  souvent  parfois  jamais

- Y a-t-il eu des moments où vous vous êtes senti triste et abattu ?

toujours  la plupart du temps  souvent  parfois  jamais

7. Au cours de ces 4 dernières semaines, y a-t-il eu des moments où votre état de santé physique ou émotionnel vous a gêné dans votre vie sociale et vos relations avec les autres, votre famille, vos amis, vos connaissances ?

toujours  la plupart du temps  souvent  parfois  jamais

Prétraitement du Questionnaire SF12

| Question 1 |       |
|------------|-------|
| Réponse    | Score |
| Excellente | 5     |
| Très bonne | 4,4   |
| Bonne      | 3,4   |
| Médiocre   | 2     |
| Mauvaise   | 1     |

| Question 2 a et b   |       |
|---------------------|-------|
| Réponse             | Score |
| Oui beaucoup limité | 1     |
| Oui un peu limité   | 2     |
| Non pas du tout     | 3     |
|                     |       |
|                     |       |

| Question 3 a et b<br>Question 4 a et b |       |
|--|-------|
| Réponse                                | Score |
| Toujours                               | 1     |
| La plupart du temps                    | 2     |
| Souvent                                | 3     |
| Parfois                                | 4     |
| Jamais                                 | 5     |

| Question 5      |       |
|-----------------|-------|
| Réponse         | Score |
| Pas du tout     | 5     |
| Un petit peu    | 4     |
| Moyennement     | 3     |
| Assez fortement | 2     |
| Très fortement  | 1     |

| Question 6 a et b   |       |
|---------------------|-------|
| Réponse             | Score |
| Toujours            | 5     |
| La plupart du temps | 4     |
| Souvent             | 3     |
| Parfois             | 2     |
| Jamais              | 1     |

| Question 6 c        |       |
|---------------------|-------|
| Réponse             | Score |
| Toujours            | 1     |
| La plupart du temps | 2     |
| Souvent             | 3     |
| Parfois             | 4     |
| Jamais              | 5     |

| Question 7          |       |
|---------------------|-------|
| Réponse             | Score |
| Toujours            | 1     |
| La plupart du temps | 2     |
| Souvent             | 3     |
| Parfois             | 4     |
| Jamais              | 5     |

|                       | Score    | Minimum | Maximum | Gamme | Score transformé   | Z-score                                  | Z-score normalisé            | Physique            | Mentale             |
|-----------------------|----------|---------|---------|-------|--|--|------------------------------|---------------------|---------------------|
| Capacité physique     | 2a + 2b  | 2       | 6       | 4     | $((\text{Score} - \text{minimum}) / \text{gamme}) * 100$ | (score transformé - 81,18122) / 29,10558 | $50 + (\text{Z-score} * 10)$ | Z-score * 0,42402   | Z-score * - 0,22999 |
| Limitation physique   | 3a + 3b  | 2       | 10      | 8     | $((\text{Score} - \text{minimum}) / \text{gamme}) * 100$ | (score transformé - 80,52856) / 27,13526 | $50 + (\text{Z-score} * 10)$ | Z-score * 0,35119   | Z-score * - 0,12329 |
| Douleur corporelle    | 5        | 1       | 5       | 4     | $((\text{Score} - \text{minimum}) / \text{gamme}) * 100$ | (score transformé - 81,74015) / 24,53019 | $50 + (\text{Z-score} * 10)$ | Z-score * 0,31754   | Z-score * - 0,09731 |
| Santé générale        | 1        | 1       | 5       | 4     | $((\text{Score} - \text{minimum}) / \text{gamme}) * 100$ | (score transformé - 72,19795) / 23,19041 | $50 + (\text{Z-score} * 10)$ | Z-score * 0,24954   | Z-score * - 0,01571 |
| Vitalité              | 6b       | 1       | 5       | 4     | $((\text{Score} - \text{minimum}) / \text{gamme}) * 100$ | (score transformé - 55,5909) / 24,8438   | $50 + (\text{Z-score} * 10)$ | Z-score * 0,02877   | Z-score * 0,23534   |
| Fonctionnement social | 7        | 1       | 5       | 4     | $((\text{Score} - \text{minimum}) / \text{gamme}) * 100$ | (score transformé - 83,73973) / 24,75775 | $50 + (\text{Z-score} * 10)$ | Z-score * - 0,00753 | Z-score * 0,26876   |
| Etat émotionnel       | 4a et 4b | 2       | 10      | 8     | $((\text{Score} - \text{minimum}) / \text{gamme}) * 100$ | (score transformé - 86,41051) / 22,35543 | $50 + (\text{Z-score} * 10)$ | Z-score * - 0,19206 | Z-score * 0,43407   |
| Santé mentale         | 6a et 6c | 2       | 10      | 8     | $((\text{Score} - \text{minimum}) / \text{gamme}) * 100$ | (score transformé - 70,18217) / 20,50597 | $50 + (\text{Z-score} * 10)$ | Z-score * - 0,22069 | Z-score * 0,48581   |

|                                 |                                |
|---------------------------------|--------------------------------|
| <b>PCS</b>                      | <b>MCS</b>                     |
| <b>50 + (somme physique*10)</b> | <b>50 + (somme mentale*10)</b> |

Partie E : Activité physique (RPAQ)

| <b>PARTIE A : Activités à la maison</b>   |                          |                          |                          |                          |                          |                           |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| <p><b>A1. Télévision, DVD ou vidéo</b></p> <p>Q1. En moyenne durant les 4 dernières semaines, combien d'heures par jour passez-vous devant la télévision, des films ou bien des jeux vidéo ? (<i>sélectionnez une réponse par ligne dans le tableau suivant</i>)</p>  |                          |                          |                          |                          |                          |                           |
|   | Aucune                   | Moins d'1 heure par jour | 1 à 2 heures par jour    | 2 à 3 heures par jour    | 3 à 4 heures par jour    | Plus de 4 heures par jour |
| En semaine avant 18h00  | <input type="checkbox"/>  |
| En semaine après 18h00  | <input type="checkbox"/>  |
| En weekend avant 18h00  | <input type="checkbox"/>  |
| En weekend après 18h00  | <input type="checkbox"/>  |
| <p><b>A2. Utilisation d'un écran autre que la télévision</b></p> <p>Q1. En moyenne durant les 4 dernières semaines, combien d'heures par jour passez-vous devant un écran autre que la télévision (ordinateur à des fins non-professionnelles (internet, email...), tablette, téléphone portable...)? (<i>sélectionnez une réponse par ligne dans le tableau suivant</i>)</p> |                          |                          |                          |                          |                          |                           |
|   | Aucune                   | Moins d'1 heure par jour | 1 à 2 heures par jour    | 2 à 3 heures par jour    | 3 à 4 heures par jour    | Plus de 4 heures par jour |
| En semaine avant 18h00  | <input type="checkbox"/>  |
| En semaine après 18h00  | <input type="checkbox"/>  |

|                        |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| En weekend avant 18h00 | <input type="checkbox"/> |
| En weekend après 18h00 | <input type="checkbox"/> |

### A3. Activités assises autres

Q1. Combien d'heures par jour en moyenne au cours des 4 dernières semaines avez-vous passé à des activités assises autres (lire, dessiner, coudre, discuter avec des amis...)?

**Attention, ne pas compter les temps de repas, les temps passés devant la TV et les autres écrans.**

Temps moyen par jour :

En semaine : ..... heures ..... minutes

En week-end : ..... heures ..... minutes

### A4. Activités domestiques de type ménage

Q1. En moyenne durant les 4 dernières semaines, combien d'heures par jour passez-vous à faire des activités ménagères (passer l'aspirateur, laver le sol, balayer, laver les vitres...)?

*(sélectionnez une réponse par ligne dans le tableau suivant)*

|            | Aucune                   | Moins de 30 minutes par jour | 30 à 60 minutes par jour | 1 à 2 heures par jour    | Plus de 2 heures par jour |
|------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| En semaine | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>  |
| En weekend | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>  |

## PARTIE B : Activités au travail

### B1. Emploi exercé durant les 4 dernières semaines

Q1. Durant les 4 dernières semaines, avez-vous exercé une activité rémunérée ou bien avez-vous eu une activité bénévole régulière ?

Oui       Non

**Si oui :**

### B2. Heures passées au travail

Q1. Indiquez la durée hebdomadaire moyenne (en heures et minutes) passée au travail au cours des 4 dernières semaines (sans compter le temps de déplacement) :

Il y a 4 semaines : ..... heures ..... minutes

Il y a 3 semaines : ..... heures ..... minutes

Il y a 2 semaines : ..... heures ..... minutes

Il y a 1 semaine : ..... heures ..... minutes

### B3. Type de travail

Q1. Sélectionnez parmi les quatre propositions suivantes celle qui correspond le mieux à vos occupations des 4 dernières semaines :

#### **Activité professionnelle sédentaire**

Vous avez passé la plupart de votre temps assis (travail de bureau)

#### **Activité professionnelle debout**

Vous avez passé la plupart de votre temps debout ou à marcher, sans effort physique intense (ex. assistant de magasin, coiffeur, gardien)

#### **Travail manuel**

Votre travail implique des efforts physiques incluant la manutention d'objets lourds et l'utilisation d'outils (ex. plombier, électricien, charpentier)

#### **Travail manuel intense**

Votre travail implique des activités physiques très intenses incluant la manutention d'objets très lourds (ex. docker, mineur, ouvrier du bâtiment)

## **PARTIE C : Activités de loisirs**

Les questions suivantes visent à décrire votre façon d'occuper votre temps libre. Indiquez la fréquence moyenne à laquelle vous avez pratiqué chacune de ces activités au cours des quatre dernières semaines. Indiquez également la durée moyenne de chaque session.

**Exemple : si vous avez marché pour le plaisir pendant 40 minutes une fois par semaine, et si vous avez jardiné toutes les 2 semaines pendant 1 heure et 10 minutes à chaque occasion ; vous complétez le tableau ci-dessous de la façon suivante :**

|                         | Nombre de fois où vous avez pratiqué cette activité lors des 4 dernières semaines |   |   |                          |                              |                              |                      | Durée moyenne de chaque session |         |
|-------------------------|---|---|---|--------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|---------------------------------|---------|
|                         | Aucune  | 1 fois<br>lors des 4<br>dernières<br>semaines | 2 à 3 fois<br>lors des 4<br>dernières<br>semaines | 1<br>fois par<br>semaine | 2 à 3<br>fois par<br>semaine | 4 à 5<br>fois par<br>semaine | Tous<br>les<br>jours | Heures                          | Minutes |
| Désherber ou tailler    |   |   | <b>X</b>  |                          |                              |                              |                      | 1                               | 10      |
| Marcher pour le plaisir |   |   |   | <b>X</b>                 |                              |                              |                      |                                 | 40      |

**Indiquez le NOMBRE DE FOIS où vous avez pratiqué chacune des activités suivantes au cours des 4 dernières semaines ; et indiquez pour chacune la durée moyenne d'une session (complétez chaque ligne du tableau suivant).**

|  | Nombre de fois où vous avez pratiqué cette activité lors des 4 dernières semaines |   |   |                          |                              |                              |                          | Durée moyenne de chaque session |         |
|--|---|---|---|--------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------------|---------|
|  | Aucune  | 1 fois<br>lors des 4<br>dernières<br>semaines | 2 à 3 fois<br>lors des 4<br>dernières<br>semaines | 1<br>fois par<br>semaine | 2 à 3<br>fois par<br>semaine | 4 à 5<br>fois par<br>semaine | Tous<br>les<br>jours     | Heures                          | Minutes |
| Natation de loisir                         | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/>                      | <input type="checkbox"/>                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/> |                                 |         |
| Natation de compétition                    | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/>                      | <input type="checkbox"/>                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/> |                                 |         |
| Marcher pour le plaisir                    | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/>                      | <input type="checkbox"/>                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/> |                                 |         |
| Escalade et randonnées en altitude         | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/>                      | <input type="checkbox"/>                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/> |                                 |         |
| Faire du vélo pour le plaisir              | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/>                      | <input type="checkbox"/>                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/> |                                 |         |
| Cyclisme de compétition ou VTT             | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/>                      | <input type="checkbox"/>                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/> |                                 |         |
| Gros jardinage (bêcher, couper du bois...) | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/>                      | <input type="checkbox"/>                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/> |                                 |         |
| Petit jardinage (arroser, tailler...)      | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/>                      | <input type="checkbox"/>                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/> |                                 |         |
| Bricoler                                   | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/>                      | <input type="checkbox"/>                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/> |                                 |         |

|                                      |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |  |  |
|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--|--|
| Gymnastique de compétition           | <input type="checkbox"/> |  |  |
| Aérobic à forts impacts              | <input type="checkbox"/> |  |  |
| Autres types d'aérobics              | <input type="checkbox"/> |  |  |
| Exercices avec des poids             | <input type="checkbox"/> |  |  |
| Exercices de maintien                | <input type="checkbox"/> |  |  |
| Exercices au sol                     | <input type="checkbox"/> |  |  |
| Danser                               | <input type="checkbox"/> |  |  |
| Course à pied de compétition         | <input type="checkbox"/> |  |  |
| Jogging                              | <input type="checkbox"/> |  |  |
| Bowling et jeux de boules            | <input type="checkbox"/> |  |  |
| Tennis de table                      | <input type="checkbox"/> |  |  |
| Tennis ou badminton                  | <input type="checkbox"/> |  |  |
| Squash                               | <input type="checkbox"/> |  |  |
| Football, rugby ou hockey            | <input type="checkbox"/> |  |  |
| Volleyball, basketball               | <input type="checkbox"/> |  |  |
| Handball                             | <input type="checkbox"/> |  |  |
| Aviron                               | <input type="checkbox"/> |  |  |
| Pêche ou chasse                      | <input type="checkbox"/> |  |  |
| Équitation                           | <input type="checkbox"/> |  |  |
| Jouer de la musique ou chanter       | <input type="checkbox"/> |  |  |
| Patinage                             | <input type="checkbox"/> |  |  |
| Voile, planche à voile et navigation | <input type="checkbox"/> |  |  |

|                        |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |  |  |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--|--|
| Sports de combat       | <input type="checkbox"/> |  |  |
| Ski alpin ou snowboard | <input type="checkbox"/> |  |  |
| Ski de fond            | <input type="checkbox"/> |  |  |

## PARTIE D : Déplacements

Les questions suivantes visent à décrire votre façon de vous déplacer.

### Si oui à la question B1 :

D1. Trajets vers et depuis le travail (rémunéré ou bénévole) au cours des 4 dernières semaines

Q1. Quelle est la distance approximative entre votre domicile et votre travail ?

..... km

Q2. Durant les 4 dernières semaines, combien de fois par semaine avez-vous fait le trajet depuis votre domicile jusqu'à votre travail ? (*indiquez le nombre de trajets aller*)

Nombre de **trajets aller** : .....

Q3. Quel moyen de transport utilisez-vous pour vous rendre à votre lieu de travail ? (*sélectionnez une réponse par ligne dans le tableau suivant*)

|                            | Toujours                 | En général               | À l'occasion             | Jamais ou rarement       |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Voiture, véhicule motorisé | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Transports publics         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Vélo                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| À pied                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Q4. Durant les 4 dernières semaines, quel est le temps moyen passé par jour avec votre principal moyen de transport pour vos trajets vers et depuis le travail ?

Temps de trajet aller : ..... heures ..... minutes

Temps de trajet retour : ..... heures ..... minutes

**D2. Trajets pour des motifs personnels hors loisirs**

Q1. Quel moyen de transport utilisez-vous pour des motifs personnels hors loisirs (faire les courses, se rendre chez le médecin...) ? (sélectionnez une réponse par ligne)

|                            | Toujours                 | En général               | À l'occasion             | Jamais ou rarement       |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Voiture, véhicule motorisé | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Transports publics         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Vélo                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| À pied                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Q2. Durant les 4 dernières semaines, combien de temps en moyenne avez-vous passé par jour avec votre principal moyen de transport pour vos trajets personnels (hors loisirs) ?

Temps de trajet moyen : ..... heures ..... minutes

**D3. Trajets pour des motifs de loisirs (sportifs, culturels...)**

Q1. Quel moyen de transport utilisez-vous pour vos déplacements de loisirs (pour vous rendre à un spectacle, sur votre lieu de pratique sportive...) ? (sélectionnez une réponse par ligne dans le tableau suivant)

|                            | Toujours                 | En général               | À l'occasion             | Jamais ou rarement       |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Voiture, véhicule motorisé | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Transports publics         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Vélo                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| À pied                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Q2. Durant les 4 dernières semaines, combien de temps en moyenne avez-vous passé par jour avec votre principal moyen de transport pour vos trajets de loisirs ?

Temps de trajet moyen : ..... heures ..... minutes

**D4. Trajets pour des motifs d'accompagnement**

Q1. Quel moyen de transport utilisez-vous pour des motifs d'accompagnement (accompagner votre enfant à l'école ou à ses activités, aller chercher un parent, ...) ? (sélectionnez une réponse par ligne dans le tableau suivant)

|                            | Toujours                 | En général               | À l'occasion             | Jamais ou rarement       |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Voiture, véhicule motorisé | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Transports publics         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Vélo                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| À pied                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Q2. Durant les 4 dernières semaines, combien de temps en moyenne avez-vous passé par jour avec votre principal moyen de transport pour vos trajets d'accompagnement ?

Temps de trajet moyen : ..... heures ..... minutes

*Annexe 6 : Récapitulatifs des résultats de la comparaison des premières enquêtes et des évolutions entre les trois groupes de suivi (Motivactif)*

|                                 |                              | Effet Groupe   | Effet Sexe           | Effet classe d'âge  |
|---------------------------------|------------------------------|--|----------------------|---|
| Anthropométrie                  | Poids                        |  |                      |   |
|                                 | IMC                          |  |                      |   |
| Intentions                      | Prochaska                    | Gpe 1 : contemplation,<br>préparation<br>Gpe 2 et 3 : maintien,<br>rechute |                      |   |
| Motivations                     | Amotivation                  |  |                      |   |
|                                 | Régulation externe           | Gpe 1 : 3,7 (tendance)<br>Gpe 2 : 2,1<br>Gpe : 2,1                         |                      |   |
|                                 | Régulation introjectée       |  | H : 3,2<br>F : 4,8   |   |
|                                 | Régulation identifiée        |  | H : 10,5<br>F : 12,7 |   |
|                                 | Régulation intrinsèque       |  | H : 10,9<br>F : 13,3 |   |
| Douleurs articulaires           | EVA_Vie quotidienne          |  |                      |   |
|                                 | EVA_AP                       |  |                      |   |
|                                 | Consomme des antalgiques (%) |  | H : 18%<br>F : 52%   |   |
|                                 | Dérouillage (min)            |  |                      | 45 – 54 ans : 9,6 min<br>55 – 64 ans : 4,7 min<br>> 65 ans : 15,8 min |
|                                 | Self-Efficacy                |  |                      |   |
| Perception générale de la santé | Condition Physique           |  |                      |   |
|                                 | Poids perçu                  |  | H : 3,9<br>F : 4,5   |   |
|                                 | Alimentation                 |  |                      |   |
|                                 | Sommeil                      |  |                      |   |
|                                 | Absence de stress            |  |                      | 45 – 54 ans : 2,8<br>55 – 64 ans : 3,3                                |

|                                  |                 |   |                       |  |
|----------------------------------|-----------------|---|-----------------------|--|
|                                  |                 |   |                       | > 65 ans : 3,7   |
|                                  | Santé Générale  |   |                       |  |
| Qualité de vie                   | PCS             |   |                       |  |
|                                  | MCS             |   | H : 54,1<br>F : 44,4  |  |
| Activité physique et sédentarité | Sédentarité (%) |   |                       | 45 – 54 ans : 62,3%<br>55 – 64 ans : 74,5%<br>> 65 ans : 81,1% |
|                                  | Ménage (%)      | Gpe 1 : 11,6%<br>Gpe 2 : 6,8%<br>Gpe 3 : 6,8% | H : 5,4%<br>F : 11,3% |  |
|                                  | Travail (%)     |   |                       | 45 – 54 ans : 23,2%<br>55 – 64 ans : 7,8%<br>> 65 ans : 0%     |
|                                  | Loisir (%)      |   |                       |  |

*Effet du groupe, du sexe et de la classe d'âge sur les données anthropométriques, sur l'intention de changer de comportement sur les motivations, les douleurs articulaires, les perceptions générales de santé, la qualité de vie et les comportements sédentaires et d'activité*

| Variables      |                        | Effet  |                       |         |
|----------------|------------------------|--|-----------------------|---------|
|                |                        | Temps  | Interaction groupe    | Temps * |
| Anthropométrie | Poids                  |  |                       |         |
|                | IMC                    |  |                       |         |
| Intentions     | Prochaska              | ↘ Contemplation,<br>préparation, rechute<br>↗ Action |                       |         |
| Motivations    | Amotivation            | ↘  |                       |         |
|                | Régulation externe     |  | Groupe 1 ↘            |         |
|                | Régulation introjectée |  | Groupe 1 ↘ (tendance) |         |
|                | Régulation identifiée  |  |                       |         |
|                | Régulation intrinsèque |  | Groupe 1 ↗            |         |

|                                  |                     |   |                          |
|----------------------------------|---------------------|---|--------------------------|
| Douleurs articulaires            | EVA_Vie quotidienne |   |                          |
|                                  | EVA_AP              |   |                          |
|                                  | Antalgique          |   |                          |
|                                  | Dérouillage         |   |                          |
|                                  | Auto-efficacité     |   |                          |
| Perception générale de la santé  | Condition physique  | ↗ | Groupe 1 ↗               |
|                                  | Poids perçu         |   |                          |
|                                  | Alimentation        | ↗ |                          |
|                                  | Sommeil             |   |                          |
|                                  | Absence de stress   |   |                          |
|                                  | Santé générale      |   | Groupe 1 ↗<br>Groupe 2 ↘ |
| Qualité de vie                   | PCS                 |   |                          |
|                                  | MCS                 |   |                          |
| Activité physique et sédentarité | Sédentarité (%)     | ↘ |                          |
|                                  | Ménage (%)          |   | Groupe 1 ↘               |
|                                  | Travail (%)         |   |                          |
|                                  | Loisir (%)          |   | Groupe 1 ↗               |

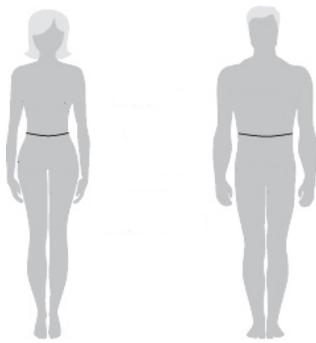
*Impact du temps et du temps en interaction avec la classe d'âge sur les variables anthropométrique, l'intention de changer de comportement, de motivation, de douleur, de perception générale de la santé, de la qualité de vie et d'activité*

## *Annexe 7 : Tests de capacités physiques*

### Mesure du tour de taille

Le volontaire doit se tenir debout, le dos droit et ne pas rentrer le ventre.

Mesurez à l'aide d'un mètre ruban le tour de taille, au niveau le plus fin du ventre (cf ci-dessous).



### Tests d'endurance

#### ***1/ Fréquence cardiaque de repos :***

Le volontaire se trouve en position assise ou allongée. Prenez le pouls pendant 15 secondes puis multipliez le résultat par 4 pour obtenir la fréquence cardiaque en battements par minute.



#### ***2/ Test de marche de 6 minutes :***

Disposez 2 plots à 20m de distance.

Le volontaire devra alors parcourir les 20 mètre en contournant les plots autant de fois que possible pendant 6 minutes.

Le résultat du test est la **distance totale parcourue**.

## Tests de force :

### ***1/ Force des bras :***

Le volontaire est debout, le dos droit et la tête bien dans l'alignement du dos.

En tenant un haltère (2kg pour les femmes et 3kg pour les hommes), il doit réaliser des flexions du bras (contraction du biceps) pendant 30 secondes.

Le résultat du test est **le nombre de flexions**.

### ***2/ Test assis/debout bras croisés sur la poitrine***

Le volontaire se trouve en position assise sur une chaise, bras croisés sur la poitrine (pour éviter qu'il s'aide des mains).

Il doit se lever puis s'asseoir autant de fois que possible en 30 secondes.

Le résultat est le **nombre de mouvement « assis/debout »** effectués.

## Tests de souplesse :

### ***Inclinaison latérale du tronc :***

Le volontaire se positionne dos à un mur, les pieds écartés de 15cm. Le dos droit, les omoplates et les fesses doivent être plaqués au mur.

Marquer la position de l'extrémité du majeur sur la cuisse. Le volontaire doit alors incliner le buste au maximum d'un côté en gardant le dos, les omoplates et les fesses plaqués au mur et marquer la position de l'extrémité du majeur sur la cuisse. Faire de même pour l'autre côté.

Le résultat est la **distance entre les 2 marques**.



## Tests d'équilibre :

### ***1/ Test « flamant », équilibre unipodal :***

Le volontaire doit être chaussé, debout et le dos droit.

Il doit maintenir la position suivante yeux fermés le plus longtemps possible.

Le résultat est la **durée de maintien** de la position.



***2/ Test « aller/retour», en marchant :***

Disposez 1 plot à 2,5 mètre de distance d'une chaise.

Le volontaire doit être assis sur une chaise, se lever, atteindre le plot en marchant, faire demi-tour et revenir s'asseoir.

Le résultat est le **temps (en seconde)** mis pour réaliser le test.

## **1. Activité physique et recommandations**

L'activité physique correspond à « tous les mouvements du corps produit par la contraction des muscles augmentant la dépense d'énergie ». Elle comprend donc tous les mouvements de la vie quotidienne, au travail, pendant les déplacements et pendant les temps de loisir.

Il est recommandé d'effectuer :

- au moins 30 minutes par jour d'activité physique d'intensité modérée à élevée soit environ 10 000 pas quotidien
- possibilité de fractionner en plusieurs séances. Cumulez les séances d'au moins 10 minutes
- limiter la sédentarité

La sédentarité correspond à l'ensemble des occupations pour lesquelles les mouvements corporels sont réduits au minimum : regarder la télévision, travailler sur un ordinateur, jouer aux jeux vidéo. De façon plus générale le temps de sédentarité est le temps passé assis ou allongé.

## **2. Les bienfaits d'une activité physique régulière**

L'activité physique joue un rôle important dans le maintien de la santé, du bien-être et de la qualité de vie. La pratique régulière d'une activité physique contribue :

- au maintien ou à la prise de masse musculaire
- à l'amélioration de la souplesse, de l'équilibre et de la coordination
- améliore le fonctionnement du système cardiovasculaire et respiratoire
- optimise le capital osseux et limite le risque de fracture
- influence favorablement l'anxiété et la dépression
- améliore la qualité du sommeil
- retarde la perte d'autonomie chez les personnes âgées

L'activité physique : prévention et traitement de nombreuses pathologies

- maladies cardio-vasculaires
- obésité
- diabète de type 2
- maladies respiratoires : BPCO, asthme
- cancers
- arthrose
- ostéoporose
- sarcopénie

## **3. Comment adopter un mode de vie actif?**

L'activité physique ne doit pas être pénible alors choisissez une activité qui vous plait. Fixez-vous des objectifs réalisables et adaptés à vos capacités, votre motivation et vos disponibilités. Commencez lentement avec des activités d'intensité légères sur de courtes durées et augmentez progressivement, en augmentant dans un premier temps la durée et ensuite l'intensité. Soyez à l'écoute de votre corps et n'hésitez pas à consulter votre médecin si vous ressentez des douleurs inhabituelles ou tout simplement si vous souhaitez avoir des conseils.

La marche est l'activité la plus abordable et la plus facile à pratiquer au quotidien. Favoriser les déplacements à pied voire à vélo :

- allez chercher le pain, la viande et poster vos lettres à pied
- allez chercher les enfants (petits enfants) à l'école à pied
- jardinez, bricolez
- faites des tâches ménagères
- promenez-vous ; en famille ou entre ami ce sera plus convivial
- ne vous garez pas le plus près des entrées (magasins, travail...)
- préférez les escaliers aux ascenseurs et escalators
- descendez un ou plusieurs arrêts avant l'arrêt habituel si vous vous déplacez en transport en commun

Réduisez le temps de sédentarité :

- limitez le temps passé devant un écran (TV, ordinateur...)
- au travail, faites régulièrement des pauses : passez les appels téléphoniques en marchant, allez chercher des documents à l'imprimante/fax, à midi aérez-vous l'esprit avec une petite balade...

Pensez également à faire des activités d'assouplissement. Les étirements sont des mouvements lents et contrôlés permettant de gagner en souplesse. Ces exercices permettent notamment d'améliorer l'état physique, la résistance aux lésions tissulaires et la relaxation et de réduire les douleurs et la tension musculaire.

Pour vous étirez sans risque de blessure :

- prenez une grande inspiration
- mettez-vous doucement en position d'étirement
- maintenez l'étirement pendant 30 à 60 secondes. Vous devez sentir une certaine tension sans pour autant aller jusqu'à la douleur.
- pensez à respirer profondément
- relâchez le muscle tout en expirant

Quelques exemples d'étirements :

Le cou : à répéter 2 ou 3 fois de chaque côté

- tenez la tête droite devant vous, penchez-la de façon à rapprocher votre oreille de l'épaule qui doit être détendue et légèrement tombante. Gardez cette position pendant 30 secondes.
- penchez la tête légèrement vers l'avant de façon à regarder en bas tout en gardant la tête sur le côté. Gardez cette position pendant 30 secondes

Les épaules : répétez 10 fois

- haussez lentement les épaules en inspirant profondément
- puis abaissez-les lentement en expirant ou rapidement en expirant avec force

Les muscles fléchisseurs de la hanche : situés à l'avant du bassin, ils permettent de marcher, monter les escaliers... Cet exercice peut également permettre d'étirer les quadriceps.

- étendez-vous sur le dos sur votre lit de façon à ce que vos jambes pendant au bout de celui-ci
- vous devriez sentir un étirement au-dessus de la partie supérieure de la jambe (à la jonction de la hanche)
- Maintenez la position 30 à 60 secondes

#### 4. L'activité physique lorsque l'on a de l'arthrose

##### a) Quelques règles à suivre pour une activité en toute sécurité :

- Assurez-vous :
  - o de bien vous échauffer (10-15min) pour limiter les risques de blessure
  - o de vous étirer et de respecter un temps de retour au calme afin d'optimiser la récupération
  - o de porter des vêtements confortables et souples, et des chaussures adaptées
  - o boire à votre soif pendant, avant et après l'activité
  - o d'éviter le tabac, au moins 2 heures avant et après l'effort
  - o d'éviter les conditions climatiques difficiles (chaleur, humidité, froid, vent)
- Ne commencez pas une activité ou stoppez la immédiatement si vous ressentez :
  - o une douleur ou une oppression dans la poitrine
  - o des palpitations
  - o des nausées, vertiges
  - o une respiration douloureuse
  - o des douleurs articulaires ou musculaires
  - o une fatigue anormale

**Important** : il n'existe **pas de contre-indication** à la pratique d'une activité physique tant que celle-ci **n'entraîne pas de douleur**. En revanche en cas de **douleur aiguë ou d'une crise d'arthrose** il est conseillé de laisser **l'articulation concernée au repos**. N'hésitez pas à **consulter votre médecin** afin que celui-ci vous indique quels sont les **exercices les plus adaptés** à votre type d'arthrose.

b) Quelles activités réaliser ? Et comment ?

### **ECHAUFFEMENT : 10 A 15 MIN**

Il est impératif d'effectuer un échauffement afin de **limiter les risques de blessure** lors de l'activité physique. Vous pouvez l'effectuer assis ou debout selon vos capacités.

Exemples d'exercice :

- Haussement des épaules
  - 4 fois
  - effectuez des mouvements lents
  
- Enroulement des épaules
  - 4 fois dans chaque sens
  - soulevez les épaules en décrivant un cercle
  
- Rotation de la tête
  - 2 fois de chaque côté
  - Tournez le plus loin possible vers la droite, ramenez vers le centre puis vers la gauche
  
- Torsion du buste
  - 2 fois de chaque côté
  - assis ou debout, les pieds écartés de la largeur des épaules et les bras croisés contre votre torse
  - tournez vos épaules vers la droite, vers le milieu, puis vers la gauche
  
- Courbures latérales
  - 4 fois de chaque côté
  - placez vos bras le long du corps et gardez le dos droit
  - faites glisser votre bras droit le plus bas possible puis le gauche
  
- Montée de genou
  - 4 fois de chaque côté
  - assis ou debout
  - relevez lentement un genou à hauteur de la hanche
  
- Abduction
  - 4 fois de chaque côté
  - gardez le dos droit et écartez votre jambe droite sur la droite en la faisant légèrement décoller du sol
  - Répétez l'exercice en changeant de jambe

- Marche (possibilité sur place)
  - o tenez-vous droit, les pieds écartés de la largeur des hanches
  - o marchez (sur place) pendant 1 minute

## ENDURANCE

Les recommandations actuelles sont d'effectuer une activité d'endurance **5 fois par semaine** dans l'objectif de cumuler **150 minutes** d'activité physique d'intensité **modérée à intense\***. Parmi les activités que vous pouvez pratiquer, il y a la marche, la course, le vélo et la natation. Toutefois, faites attention à la pratique de la course qui entraîne un impact articulaire plus violent. Préférez le vélo et la natation qui sont des sports dit « portés » et donc limitant les douleurs articulaires. Le vélo est cependant moins bien adapté si vous souffrez d'arthrose fémoro-patellaire, créant un conflit rotule/fémur. Choisissez une **activité qui vous plaît** et fixez-vous des **objectifs réalisables**. **Adaptez** ensuite vos séances en fonction de votre **progression**. Dans la mesure du possible, **variez** les séances pour éviter la lassitude.

Exemple de programme :

| Semaine | Séance 1                       | Séance 2                           | Séance 3                 | Séance 4                       | Séance 5                            |
|---------|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| 1       | Marche modérée<br>20min        | Vélo effort modéré<br>20min        | Natation<br>20min        |                                |                                     |
| 2       | Marche modérée<br><b>30min</b> | Vélo effort modéré<br>20min        | Natation<br><b>30min</b> |                                |                                     |
| 3       | Marche modérée<br>30min        | Vélo effort modéré<br><b>30min</b> | Natation<br>30min        | <b>Marche rapide<br/>20min</b> |                                     |
| 4       | Marche modérée<br><b>40min</b> | Vélo effort modéré<br>30min        | Natation<br><b>40min</b> | Marche rapide<br>20min         |                                     |
| 5       | Marche modérée<br>40min        | Vélo effort modéré<br>30min        | Natation<br><b>40min</b> | Marche rapide<br>20min         | <b>Vélo effort modéré<br/>30min</b> |

**en gras : modification par rapport à la semaine précédente**

\* *Activité physique modérée : activité qui essouffle et fait augmenter la fréquence cardiaque. Vous devriez être capable de parler mais pas de chanter.*

*Activité physique intense : activité qui accélère beaucoup la fréquence cardiaque. Vous ne pouvez prononcer que quelques mots avant de devoir reprendre votre souffle.*

## RENFORCEMENT MUSCULAIRE

En complément des exercices d'endurance, il est intéressant d'effectuer des séances de renforcement musculaire **2 à 3 fois par semaine**. L'objectif de ces séances est de maintenir voire gagner de la masse musculaire afin de protéger au mieux les articulations et donc limiter

les douleurs. Il est intéressant de réaliser une **combinaison de plusieurs exercices** afin de solliciter le plus de muscles possibles. Chaque séance peut alors combiner **3 séries de 5 à 10 exercices, avec 10 à 15 répétitions par exercice**. Entre chaque série, respectez un temps de repos **d'1 à 2 minutes**. Il n'est pas nécessaire d'être inscrit en salle de sport ou d'avoir des haltères pour pouvoir faire du renforcement musculaire. Utilisez les **objets du quotidien** tels que des bouteilles d'eau, des boîtes de conserves, des livres... Pour certains exercices, il n'y a pas besoin de charge supplémentaire, seul le **poids de votre corps** sera utilisé.

Quelques règles à suivre pour une bonne réalisation des exercices :

- Faites attention à toujours avoir le dos droit et la tête bien alignée dans le prolongement de votre dos
- Commencez avec des charges légères pour bien assimiler l'exercice
- Augmentez progressivement la charge afin d'éviter les risques de blessure
- Adaptez vos séances par rapport à la précédente

Exemples d'exercice :

- Assis/debout :
  - asseyez-vous sur l'avant d'une chaise, les pieds écartés de la largeur des hanches
  - tenez-vous droit avec les bras le long du corps
  - levez-vous lentement sans l'aide des mains jusqu'à être debout et droit
  - si cet exercice est difficile, aidez-vous des mains dans un premier temps
  - variantes : prenez une chaise plus basse, levez-vous en tenant un livre lourd
- Biceps :
  - assis ou debout, dos droit et bras le long du corps, avec un poids dans chaque main
  - pliez lentement vos coudes pour remonter vos mains jusqu'à vos épaules puis dépliez
  - si cet exercice est difficile, faites un bras après l'autre
  - si cet exercice très difficile, asseyez-vous et posez vos coudes sur une table ou un coussin
- Quadriceps
  - asseyez-vous, les cuisses reposant entièrement sur la chaise
  - jambes tendues et croisez vos pied
  - montez la jambe du dessous en s'y opposant avec le poids de l'autre au-dessus
- Abducteurs (extérieur des cuisses) et adducteurs (intérieurs des cuisses)
  - asseyez-vous avec une chaise devant vous
  - placez les pointes de pied à l'intérieur des pieds de la chaise et essayez de les repousser vers l'extérieur (abducteurs)

- placez les pointes de pied à l'extérieur des pieds de la chaise et essayez de les pousser vers l'intérieur (adducteurs)
  - Attention à ne pas bouger les genoux
- Abdominaux
- position couchée, genoux fléchis et pieds posés au sol
  - remontez un genou vers la poitrine
  - ajouter une résistance en repoussant votre genou avec une ou deux mains
  - attention à ne pas vous cambrer, le dos doit toujours toucher le sol
- Pointe de pied
- debout face à une surface solide/mur, dos droit et pieds écartés de la largeur des hanches
  - déposez vos mains uniquement pour garder l'équilibre
  - montez sur la pointe des pieds puis redescendez
  - variante : portez un livre lourd devant vous à hauteur des hanches mais attention à la perte d'équilibre
- Epaules
- debout, dos droit, maintenir les épaules dans l'axe du corps
  - maintenez, devant vous et à l'aide des 2 mains, une écharpe, une sangle ou un élastique
  - écartez les mains vers l'extérieur tout en gardant les coudes collés au corps

Exemple de programme :

Respectez 24 à 48h de repos entre 2 séances

| Semaine | Séance 1   | Séance 2   | Séance 3 |
|---------|--|--|----------|
| 1       | 2 séries<br>5 exercices<br>10 répétitions                    | 2 séries<br>5 exercices<br>10 répétitions                    |          |
| 2       | 2 séries<br><b>8 exercices</b><br>10 répétitions             | 2 séries<br>8 exercices<br>10 répétitions<br><b>↗ charge</b> |          |
| 3       | 2 séries<br>8 exercices<br><b>12 répétitions</b>             | 2 séries<br>8 exercices<br>12 répétitions                    |          |
| 4       | 2 séries<br>8 exercices<br>12 répétitions<br><b>↗ charge</b> | <b>3 séries</b><br>8 exercices<br>12 répétitions             |          |

|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| 5 | 3 séries<br>8 exercices<br>12 répétitions | 3 séries<br>8 exercices<br>12 répétitions | <b>3 séries<br/>8 exercices<br/>12 répétitions</b> |
|---|---|---|--|

**en gras : modification par rapport à la séance précédente**

## **RETOUR AU CALME/ETIREMENT : 10 A 15 MIN**

Tout comme l'échauffement, le retour au calme et les étirements sont très importants. Le retour au calme permet un **retour à la normale des fréquences cardiaque et respiratoire**. Les étirements vont entre autre permettre **de détendre les muscles et ainsi limiter les douleurs musculaires**. Le retour au calme peut s'effectuer en marchant ou en pédalant lentement.

Faites ensuite une **série d'étirements des muscles** que vous aurez **sollicités** lors de votre séance. Ces exercices peuvent être effectués **debout ou assis**. Aucun d'entre eux ne doit être douloureux, vous devez juste sentir un **léger étirement**. Essayez de tenir chaque étirement pendant **10-20 secondes**.

Exemples d'exercice :

- Dos
  - en position debout, jambes écartées de la largeur du bassin
  - placez le buste à angle droit et déposez vos mains devant vous sur une chaise, une table ou rebord de fenêtre.
  - effectuez successivement le dos rond puis le dos creux.
  - Ensuite relevez un bras le plus haut possible, tout en gardant la tête alignée au dos, puis faites de même avec l'autre bras.
- ou
  - en position debout, joignez vos mains et tendez vos bras vers l'avant
  - vous devez avoir le haut du dos légèrement arrondi et sentir les muscles s'étirer entre vos omoplates
- Epaules
  - en position allongée
  - à l'aide d'un bâton, un balai ou simplement en croisant les mains
  - relevez les bras le plus loin possible en arrière
  - attention à ne pas remonter les épaules, seuls les bras sont en mouvement
- Bras
  - placez votre main droite sur votre épaule droite et soulevez votre coude vers le haut
  - vous pouvez vous aider avec la main gauche
  - répétez l'opération avec le bras gauche
  - vous devez sentir un léger étirement à l'arrière de votre bras
- Buste
  - croisez vos bras le long du buste

- pivotez uniquement le haut du corps sur la droite et maintenez la position
  - revenez lentement de face et pivotez à gauche
- Côtés
- placez vos pieds écartés de la largeur des hanches
  - faites glisser lentement votre main droite le long de votre jambe droite (ou sur le côté droit de la chaise, si vous effectuez ce mouvement assis)
  - revenez à la position de départ et répétez à gauche
  - vous devez sentir un léger étirement sur le côté opposé à la main qui travaille.
- Mollet
- debout, pieds écartés de la largeur des hanches
  - avancez le pied droit (environ 60 cm)
  - pliez légèrement le genou droit afin d'avancer votre corps et ce tout en gardant le talon gauche au sol.
  - maintenez la position
  - vous devez sentir un léger étirement à l'arrière du mollet de la jambe tendue
  - répétez avec l'autre jambe
- Quadriceps (muscle antérieur de la cuisse)
- asseyez-vous sur le bord d'une chaise
  - pliez la jambe sous la chaise, les orteils doivent toucher le sol et maintenez la position
  - répétez l'exercice en changeant de jambe
- ou
- position allongée sur le côté et dos droit
  - pliez le genou au sol et le ramener le plus près possible du buste
  - pliez l'autre jambe et ramener le plus possible le pied vers les fesses, possibilité de vous aider d'une sangle/écharpe
- Ischio-jambier (muscle postérieur de la cuisse)
- asseyez-vous sur le bord d'une chaise
  - pliez une jambe et gardez l'autre jambe tendue en face de vous, en gardant le pied au contact du sol
  - les mains sur la jambe tendue, inclinez votre buste sur la jambe
  - vous devez sentir un léger étirement à l'arrière de la cuisse de la jambe droite
  - répétez l'exercice en changeant de jambe

**Remarque : Prenez en compte seulement les activités de plus de 10 min.**

1. Au cours des 7 derniers jours, avez-vous pratiqué des activités physiques intenses ?

- *Activité physique intense : Activité qui engendre un effort physique important, qui vous fait respirer beaucoup plus difficilement, tel que porter des charges lourdes, bêcher, faire du VTT ou du football...*

Oui  Non

Si oui, nombre de jours par semaine : \_\_\_\_\_

Temps par jour : \_\_\_\_\_ heures \_\_\_\_\_ minutes

Indiquez, maintenant, pour chaque jour de la semaine le temps passé à pratiquer ces activités physiques intenses :

Lundi |\_\_|\_\_|h|\_\_|\_\_|min

Mardi |\_\_|\_\_|h|\_\_|\_\_|min

Mercredi |\_\_|\_\_|h|\_\_|\_\_|min

Jeudi |\_\_|\_\_|h|\_\_|\_\_|min

Vendredi |\_\_|\_\_|h|\_\_|\_\_|min

Samedi |\_\_|\_\_|h|\_\_|\_\_|min

Dimanche |\_\_|\_\_|h|\_\_|\_\_|min

2. Au cours des 7 derniers jours, avez-vous pratiqué des activités physiques modérées ?

- *Activité physique modérée : Une activité qui engendre un effort physique modéré, qui vous fait respirer un peu plus difficilement, tel que porter des charges légères (5 à 10 kgs), passer l'aspirateur, tondre la pelouse, faire du vélo tranquillement ou faire une séance de culture physique.*

Oui  Non

Si oui, nombre de jours par semaine : \_\_\_\_\_

Temps par jour : \_\_\_\_\_ heures \_\_\_\_\_ minutes

Indiquez, maintenant, pour chaque jour de la semaine le temps passé à pratiquer ces activités physiques modérées :

Lundi |\_\_|\_\_|h|\_\_|\_\_|min

Mardi |\_\_|\_\_|h|\_\_|\_\_|min

Mercredi |\_\_|\_\_|h|\_\_|\_\_|min

Jeudi |\_\_|\_\_|h|\_\_|\_\_|min

Vendredi |\_\_|\_\_|h|\_\_|\_\_|min

Samedi |\_\_|\_\_|h|\_\_|\_\_|min

Dimanche |\_\_|\_\_|h|\_\_|\_\_|min

3. Au cours des 7 derniers jours, avez-vous marché pendant au moins 10 minutes d'affilée ?

- Cela comprend la marche pendant vos heures de travail, à la maison, pour vous rendre d'un lieu à l'autre et tout type de marche que vous feriez pour la détente, le sport, l'exercice ou les loisirs

Oui  Non

Si oui, nombre de jours par semaine : \_\_\_\_\_

Temps par jour : \_\_\_\_\_ heures \_\_\_\_\_ minutes

4. Cette question concerne le temps que vous passez assis au cours d'une journée, y compris au travail, à la maison et pendant votre temps de loisir.

- Cela comprend le temps passé assis à un bureau, chez des amis, à lire, pendant vos déplacements ou être assis ou allongé pour regarder la télévision.

Au cours des 7 derniers jours, combien de temps passez-vous assis au cours d'une journée en semaine ? \_\_\_\_\_ heures \_\_\_\_\_ minutes

Au cours des 7 derniers jours, combien de temps avez-vous passé assis au cours d'une journée en week-end ? : \_\_\_\_\_ heures \_\_\_\_\_ minutes

5. Cette question concerne le temps que vous passez à regarder la télévision.

Au cours des 7 derniers jours, combien de temps passez-vous à regarder la télévision au cours d'un jour de semaine ? \_\_\_\_\_ heures \_\_\_\_\_ minutes

Au cours des 7 derniers jours, combien de temps avez-vous passé à regarder la télévision au cours d'un jour de week-end ? \_\_\_\_\_ heures \_\_\_\_\_ minutes

6. Cette question concerne le temps que vous passez devant l'ordinateur.

Au cours des 7 derniers jours, combien de temps avez-vous passé devant l'ordinateur au cours d'un jour de semaine ? \_\_\_\_\_ heures \_\_\_\_\_ minutes

Au cours des 7 derniers jours, combien de temps avez-vous passé devant l'ordinateur au cours d'un jour de week-end ? \_\_\_\_\_ heures \_\_\_\_\_ minutes

Résumé : Les maladies chroniques non transmissibles sont la première cause de mortalité évitable dans le monde. L'origine de ces maladies est multifactorielle. L'inactivité physique (IP) et la sédentarité sont progressivement devenues des facteurs de risque majeurs de ces maladies. L'activité physique (AP) régulière permet d'améliorer la santé et de prévenir les risques de comorbidités et de mortalité. L'arrivée massive des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) offre de nouveaux outils de promotion de l'AP. L'objectif de ces travaux est d'évaluer le potentiel des TIC en tant que support d'accompagnement en AP auprès de patients atteints d'une maladie chronique. Ainsi, le premier travail avait pour objectif de déterminer les connaissances, usages et intérêts des patients vis-à-vis de l'utilisation des TIC dans le parcours de soins et pour l'AP. Dans une deuxième étude, nous avons étudié l'effet d'un réentraînement supervisé de trois mois et d'un podomètre sur les intentions et les motivations vis-à-vis de l'AP, la perception de l'état de santé et le niveau d'AP et de sédentarité de sujets porteurs de pathologies chroniques. Enfin, la troisième étude portait sur l'impact d'un atelier d'information en AP Adaptée (APA) couplé à l'utilisation d'un dispositif numérique d'accompagnement personnalisé pendant un an, comparé à celui d'une brochure d'information et d'exemples d'exercices en APA, sur l'atteinte des recommandations en AP chez des patients. Ces travaux montrent que les patients atteints de maladie chronique utilisent les TIC, mais qu'ils ont des connaissances technologiques partielles. Ils sont moyennement favorables à l'utilisation de ces outils dans le domaine de la santé et de l'AP. Les patients ont besoin d'être rassurés et formés à l'utilisation de ces nouveaux outils. La prise en charge thérapeutique par l'AP est efficace pour instaurer le changement comportemental chez les patients mais ne permet pas de le maintenir sur le long terme. La remise d'un podomètre ne suffit pas à les remotiver pour pratiquer l'AP. Les résultats préliminaires de la troisième étude obtenus sur un sous-échantillon des patients indiquent qu'un atelier en APA suivi d'un accompagnement personnalisé par un dispositif numérique ou que la remise d'une brochure de conseils et d'exemples d'exercices pourrait augmenter la quantité d'AP déclarée à 12 mois. L'analyse en intention de traiter reste à faire pour confirmer ces résultats. La prise en charge thérapeutique par l'AP est efficace pour instaurer le changement comportemental, à condition que le patient soit prêt et motivé. Souvent elle ne suffit pas pour maintenir ce changement sur le long terme, révélant la nécessité d'un accompagnement personnalisé en AP, qui peut prendre plusieurs formes suivant les besoins des patients (sessions d'AP individuelles ou en groupe, dispositif numérique, brochure).

Mots clés : Activité physique, sédentarité, maladies chroniques non transmissibles, technologies de l'information et de la communication, accompagnement

Abstract : Non communicable chronic diseases are the first cause of avoidable death in the world. The origin of these diseases is multifactorial. Physical inactivity and sedentary behavior are gradually becoming major risk factors. Regular Physical Activity (PA) allows improving health and preventing the risks of comorbidity and mortality. Massive development of Information and Communication Technologies (ICT) offers new tools of PA promotion. The aim of these works is to assess the ICT as a mean to support patients with chronic diseases in their PA practice. Thus, the first study aimed to determine patients' knowledge, use and interest towards ICT applied to health and PA fields. In a second study, we studied the impact of a 3-months supervised PA program associated with a pedometer on the intentions and motivations towards PA, perceived health and active and sedentary behaviors. Finally, the third study was a one-year intervention comparing the effect of an Adapted Physical Activity (APA) workshop associated with a personalized digital system with that a guideline and examples in APA on the achievements of the PA recommendations. These works showed that patients with chronic diseases used the ICT, but they had partial technological knowledge. They were moderately in favour of the ICT use in health and the PA fields. The patients needed to be reassured and trained in the use of these new tools. Patients care by PA resulted in a significant change in behavior but did not allow maintaining it in the long term. The pedometer was not sufficient to increase PA practice. Preliminary results of the third study indicated that an APA workshop followed by a personalized digital system use or a guidelines and exercises book could increase reported PA level 12 months after the study beginning. The intent-to-treat analysis will be performed later to confirm these results. Patients care by PA is effective to provoke behavioral changes if the patient is ready and motivated by health benefits. Often this initial care is not sufficient to keep 150 min-by-week PA in the long term, revealing the need to continue the patients' accompanying. Several forms could be considered depending on patients' needs (individual or group sessions, digital device, guideline).

Keywords: Physical activity, sedentary, non-communicable chronic diseases, information and communication technologies, accompanying.