



HAL
open science

Ingénierie des connaissances pour le choix d'interventions numériques de santé application en prévention du risque cardiovasculaire

Dahbia Lynda Agher

► **To cite this version:**

Dahbia Lynda Agher. Ingénierie des connaissances pour le choix d'interventions numériques de santé application en prévention du risque cardiovasculaire. Bio-informatique [q-bio.QM]. Université Paris-Nord - Paris XIII, 2020. Français. NNT : 2020PA131043 . tel-03391763

HAL Id: tel-03391763

<https://theses.hal.science/tel-03391763v1>

Submitted on 21 Oct 2021

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.

THÈSE DE DOCTORAT
Université Sorbonne Paris Nord
École Doctorale Galilée
Présentée par **Dahbia Lynda AGHER**
Pour obtenir le grade de
DOCTEUR de l'Université Sorbonne Paris Nord
Discipline : Informatique Biomédicale

**Ingénierie des connaissances pour le choix d'interventions
numériques de santé application en prévention du risque
cardiovasculaire**

**Thèse CIFRE 2017/0860 préparée au Laboratoire d'Informatique Médicale
et d'Ingénierie des Connaissances en e-Santé (LIMICS)
UMRS_1142, 74 Rue de Marcel Cachin, 93017 Bobigny, France**

Soutenu le 07 décembre 2020 devant le jury composé de

Pr. Pascal Staccini, PU-PH Université Côte d'Azur, Nice	Rapporteur
Pr. Joël Colloc, PU Université du Havre, le Havre	Rapporteur
Pr. Sylvie Despres, PU Université Sorbonne Paris Nord, Bobigny	Directrice
Mme Marie-Christine Jaulent, Directrice de Recherche Inserm, Paris	Directrice
Mme Nathalie Souf, MCU Université Paul Sabatier, Toulouse	Examinatrice
Mme Mathilde Touvier, DR Inserm, Bobigny	Examinatrice
Mme Karima Sedki, MCU, Université Sorbonne Paris Nord, Bobigny	Encadrante
Dr. Rosy Tsopra, MD-PhD, Université de Paris, Paris	Encadrante
Mr Jean-Pierre Albinet, Directeur Recherche et Développement BewellConnect Visiomed Group, Puteaux	Encadrant

Remerciements

Aux membres du jury

Mes premiers mots ne peuvent qu'aller aux personnes qui m'ont accordé leur confiance et prodigué leur aide tant sur le plan professionnel que personnel, celles qui ont su m'insuffler leur enthousiasme, leur engouement scientifique, mes directrices de thèse Sylvie Despres et Marie-Christine Jaulent.

*Je remercie Monsieur Eric Sebban, fondateur de la société BeWellConnect de Visiomed Group de m'avoir également accordé sa confiance pour effectuer ma thèse CIFRE. Merci à la direction de la Société BeWellConnect de Visiomed Group Monsieur Patrick Schiltz et Monsieur Michel Emelianoff.
Merci également à Dr. François Teboul, Monsieur Antoine Jouannais, et Monsieur Jean-Pierre Albinet mes encadrants successifs en entreprise.*

Je tiens à remercier mes co-directrices Sylvie Despres, Professeur à l'Université Sorbonne Paris Nord et Marie-Christine Jaulent Directrice de Recherche à l'Inserm et directrice du Limics, qui m'ont encadrée tout au long de cette thèse et qui m'ont fait partager leurs savoirs pendant ces trois années. Qu'elles soient aussi remerciées pour leur gentillesse, leur disponibilité permanente et pour les nombreux encouragements qu'elles m'ont prodigués. Madame Rosy Tsopra et Madame Karima Sedki, mes co-encadrantes, m'ont aussi prodigué de nombreux conseils. Je les en remercie.

J'adresse tous mes remerciements à Monsieur Pascal Staccini Professeur à l'Université Côte d'Azur, Nice, ainsi qu'à Monsieur Joël Colloc Professeur à l'Université du Havre, de l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'être rapporteurs de cette thèse.

J'exprime ma gratitude à Madame Nathalie Souf à Université Paul Sabatier, Toulouse et à Madame Mathilde Touvier à l'Université de Sorbonne Paris Nord, de l'honneur qu'elles m'ont fait en acceptant d'être examinatrices de cette thèse.

Un grand merci aussi à tous les membres du Limics et mes collègues de la société BeWellConnect de Visiomed Group.

Merci également à Madame Marie Zins et Monsieur Marcel Goldberg, Monsieur Pierre Meneton, Monsieur Adrien Ugon, au Collège de Médecine Générale, à Monsieur Timothée Bonnet, Monsieur Dominique Ledoux, Madame Farida Zehraoui, Madame Nadia Abchiche-Mimouni et à tous ceux de près ou de loin qui ont permis à ce projet d'avancer. Merci également à Monsieur Cyril Ancelet, Monsieur Akram Redjal, Monsieur Marc Fouque, Monsieur Matteo Brandi pour leurs collaborations au développement de l'application Prevent Connect.

Une pensée émue pour tous les étudiants et collègues avec qui j'ai partagé un café, un repas ou une réunion pendant ces trois années.

C'est grâce à vous que j'ai pu concilier avec bonheur recherche théorique et appliquée pendant cette thèse.

Dédicace

À mes proches

Dédicace

À la mémoire de mon arrière-grand -mère, mes grands- parents et mon oncle Salah.

Finally, I want to thank especially my parents who allowed me to pursue my studies, who supported me unconditionally in the realization of this work and their assistance during all these years. My brothers Massinissa and Saïd and my sister Fatima who have always been present by my side and that I will never thank as much as I would like.

Thank you Professor Yacine Hammoudi and Dr Malek Aroua for your many advice and encouragements.

Thank you also to my friends Agnès, Hermione, Julie, Nadia, Patricia, Claire and Ferrouze.

I will finish my thanks with a quote from Antoine de Saint Exupéry « for what is of the future, it is not about to predict, but to make it possible » which reminds me every day that nothing is achieved, everything is still to do but each step franchie is a victory, all the more when the obstacles have been numerous.

Dahbia

Préambule

De formation initiale scientifique en neurosciences, j'ai obtenu un master 2 recherche en 2013 de sciences et technologies en biologie santé écologie, spécialité signalisation et systèmes intégrés en biologie, avec mention assez bien où j'ai pu me former en recherche clinique et biomoléculaire dans le domaine de la neuro-génétique au sein de l'institut du cerveau de la moelle épinière¹ et de l'Université PSL-École Pratique des Hautes Études² (EPHE). Les résultats de mon travail de stage de master 1 et 2 ont été valorisés par les deux publications suivantes :

-Nava C, Dalle C, Rastetter A, Striano P, de Kovel CG, Nabbout R, Cancès C, Ville D, Brilstra EH, Gobbi G, Raffo E, Bouteiller D, Marie Y, Trouillard O, Robbiano A, Keren B, **Agher D**, Roze E, Lesage S, LeGuern E, Depienne C. De novo mutations in HCN1 cause early infantile epileptic encephalopathy. *Nat Genet.* 2014 Jun;46(6):640-5. doi: 10.1038/ng.2952. Epub 2014 Apr 20. PMID: 24747641.

-Sadleir LG, **Agher D**, Chabrol E, Elkouby L, Leguern E, Paterson SJ, Harty R, Bellows ST, Berkovic SF, Scheffer IE, Baulac S. Seizure semiology in autosomal dominant epilepsy with auditory features, due to novel LGI1 mutations. *Epilepsy Res.* 2013 Dec ;107(3) :311-7. doi : 10.1016/j.epilepsyres.2013.09.008. Epub 2013 Oct 8. PMID : 24206907.

Lors de mes différentes expériences professionnelles entre 2014 et 2017 j'ai continué à travailler de manière collaborative avec des laboratoires de recherche académiques en recherche et développement au sein des startups Damae Medical³, Kap Code⁴, et Epidemium⁵. Ces différents projets collaboratifs en innovation e-santé ont obtenus les prix suivants :

-Prix inclusion et travail collaboratif Baseline Paris Roche Challenge Epidemium 2016-développer une approche innovante de l'épidémiologie du cancer en exploitant le potentiel de la science des données et des grandes données.

-Prix des startups Festival de la communication Santé-kap Code 2016-Connect'inh pour le suivi de l'asthme. (application smartphone et inhalateur connecté).

-Prix de l'innovation- ville de PARIS- Damae Medical 2015 appareil d'imagerie portable qui permet une visualisation 3D non invasive des tissus de la peau. (onco-dermatologie).

En parallèle, la validation de deux diplômes universitaires « enseignement pratique pluridisciplinaire de la santé connectée » et « nutrition clinique et thérapeutique » et des certifications en entrepreneuriat en santé et en recherche clinique m'ont permis de continuer à me former en gestion de projets et en innovation. De même ces formations m'ont permis d'obtenir des prix sur des projets collaboratifs.

- Lauréat du DU Santé Connectée- Université de Paris – Projet Hand e-book.

- Lauréat HUA- Handic'Up Paris&Co Access-Hand e-book partenaire de l'inclusion scolaire une plateforme de coordination au service des enfants avec troubles DYS.

-Prix leadership Hackathon Leem Prévention Santé 2019- Pépite France MagicKraft *Serious Game* pour les enfants et adolescents avec une maladie chronique (diabète de type 1, mucoviscidose).

¹ <https://institutducerveau-icm.org/fr>

² <https://www.ephe.psl.eu/formations/master>

³ <https://3dexperiencelab.3ds.com/en/projects/life/damae-medical/>

⁴ <https://www.kapcode.fr/>

⁵ <http://review.epidemium.cc/>

En 2017, je prends contact avec **BeWellConnect de Visiomed Group**⁶ une entreprise dans le domaine de la santé connectée pour leur proposer un sujet de recherche en informatique biomédicale en thèse **CIFRE**.

Cette thèse s'intègre dans le cadre d'une obtention du titre de Docteur en Informatique biomédicale au sein de l'**École Doctorale GALILEE (SMBH)**. Les travaux de recherche réalisés m'ont permis de développer des compétences pluridisciplinaires telles que la rédaction d'articles scientifiques, la conception et l'évaluation ergonomique de l'application mobile *Prevent Connect* dans le domaine de l'informatique biomédicale. Ce travail a été réalisé au sein du Laboratoire LIMICS⁷, **sous la responsabilité de Sylvie DESPRES et Marie-Christine JAULENT entre Décembre 2017 et Novembre 2020**. Le LIMICS (Laboratoire d'Informatique Médicale et d'Ingénierie des Connaissances pour la e-Santé- UMRS-1142) est un acteur majeur en informatique médicale, ce qui lui vaut de prendre part à de nombreux projets internationaux. Le laboratoire, s'illustre par une pluridisciplinarité qui couvre des domaines variés tels que l'aide à la décision, l'intelligence artificielle, la linguistique, l'ingénierie des connaissances, l'interopérabilité des systèmes d'information en santé, ce qui lui permet d'explorer les différents aspects du monde médical et des données qui y circulent. De nombreux projets ont vu le jour au LIMICS et ont servi de base de réflexion pour la réalisation de cette thèse.

BeWellConnect de Visiomed Group est une startup signataire de la charte « **engagé pour la e-santé** »⁸ du ministère des solidarités et de la santé. Elle développe des solutions dans le domaine de la e-santé et de la télémédecine, dont des applications mobiles de santé de type mobile health (m-Health) et des dispositifs de santé connectés (tensiomètre connecté, balance connectée, thermomètre sans contact) et une station de télémédecine mobile et connectée (Visiocheck^{®9}).

Le dispositif CIFRE¹⁰ (Convention Industrielle de Formation par la Recherche), mis en place en 1981 par l'État Français et géré par l'ANRT (Association Nationale de la Recherche et de la Technologie) permet d'associer un industriel à un laboratoire public à l'occasion d'une thèse de doctorat. Cela permet à l'entreprise de bénéficier de l'expertise scientifique d'un laboratoire pour la réalisation d'un projet de recherche. Le laboratoire bénéficie à son tour de la performance et du réalisme de l'entreprise pour permettre une application des méthodes théoriques qui y sont développées. Dans le domaine scientifique les partenariats publics/ privé demeurent au cœur de la plupart des projets de recherche scientifique et représentent un véritable moteur de l'économie et de l'innovation française.

Les résultats issus de cette thèse **CIFRE 2017/0860** ont été valorisés par deux articles. Un troisième article est en cours et sera l'aboutissement de l'évaluation de l'ergonomie de l'application mobile *Prevent Connect*.

⁶ <https://www.bewell-connect.com/>

⁷ <http://www.limics.fr/>

⁸ https://esante.gouv.fr/sites/default/files/media_entity/documents/200915_Charte_industriels.pdf

⁹ <https://www.visiomed.fr/wp-content/uploads/2017/10/CP-Visiomed-Group-2017-10-24.pdf>

¹⁰ <http://www.anrt.asso.fr/fr/cifre-7843>

Production scientifique en thèse CIFRE 2017/0860

• Publications en thèse CIFRE

- Agher D, Sedki K, Tsopra R, Despres S, Jaulent MC. Influence of Connected Health Interventions for Adherence to Cardiovascular Disease Prevention: A Scoping Review. *Appl Clin Inform.* 2020 Aug;11(4):544-555. doi: 10.1055/s-0040-1715649. Epub 2020 Aug 19. PMID: 32814353; PMCID: PMC7438176.

-Agher D, Fouque M, Brandi M, Sedki K, Tsopra R, Meneton P, Despres S, Jaulent MC. Decision Support System for Selection of e-Health Interventions. *Stud Health Technol Inform.* 2020 Jun 26; 272:326-329. doi: 10.3233/SHTI200561. PMID: 32604668.

-Agher D, Sedki K, Despres S, Albinet JP, Jaulent MC Tsopra R “Prevent Connect” app, a mobile application for helping to change behaviors and prevent cardiovascular diseases: A user-centered study in primary care.

Article en cours de soumission le 11/11/2020 dans JMIR (The Journal of Medical Internet Research).

• Communications orales en thèse CIFRE

-Communication orale 18th international Conference on Informatics, Management and Technology in Healthcare, ICIMTH Athènes e-conférence Juillet 2020.

-Communication orale Symposium trans-générationnel, Société Francophone du Diabète-SFD Marseille 2019.

Plan détaillé

Le manuscrit est structuré en deux parties autour de six chapitres dont les contenus sont présentés *infra.*, correspondant à une approche méthodologique et une approche applicative pour la conception d'une application mobile *Prevent Connect*. La première partie présentera l'état de l'art des outils d'e-santé au travers d'une revue de littérature suivie par la présentation, l'évaluation et le choix des outils nécessaires à la collecte, l'analyse et l'interprétation des données des utilisateurs. La seconde partie détaillera les différentes étapes de développement, de conception, d'implémentation, et d'évaluation ergonomique de l'application et de sa base de données en utilisant diverses méthodes et outils conventionnels informatiques.

Dans la première partie, nous décrivons les interventions numériques de santé comme une opportunité pour améliorer l'efficacité de la prévention du risque cardio-vasculaire. Tout d'abord, nous nous interrogeons sur la manière d'identifier les leviers d'adhésion aux interventions numériques de santé en prévention du risque cardio-vasculaire. Ensuite, nous esquissons une méthodologie pour le choix d'interventions numériques de santé à partir d'un modèle de prédiction de facteurs risques cardio-vasculaire validé dans la littérature en se fondant sur l'importance des facteurs de risque à prendre en compte. Dans la deuxième partie, nous décrivons la conception de l'application *Prevent Connect* et l'évaluation de la qualité ergonomique.

Partie I : Ingénierie des connaissances à mobiliser pour le choix des interventions numériques de santé.

Le chapitre 1, *introduction générale et contexte : les interventions numériques de santé une opportunité pour améliorer l'efficacité de la prévention du risque cardio-vasculaire*, décrit le contexte général, la problématique et l'objectif de la thèse.

Le chapitre 2, *l'influence des interventions connectées pour l'adhésion à la prévention du risque cardio-vasculaire*, constitue une présentation de l'état des lieux.

Le chapitre 3, *enrichissement d'un modèle de prédiction de facteurs de risques cardio-vasculaire*, est consacré à la méthodologie qui a permis la classification en groupe de comportements, de facteurs de risque clinique et sociaux.

Partie II : Conception d'une application mobile pour le choix d'interventions numériques de santé et évaluation ergonomique.

Le chapitre 4, *conception de l'application Prevent Connect*, présente le cahier des charges du processus du système d'aide à la prévention de l'application, puis la conception et l'implémentation de l'application qui ont bénéficié du travail de deux stagiaires en santé publique et en informatique que j'ai supervisé lors de ma deuxième année de thèse.

Le chapitre 5, *évaluation de l'ergonomie de l'application mobile Prevent Connect*, spécifie un cadre d'évaluation de l'application par des utilisateurs et réalise cette évaluation. Le cadre est composé du questionnaire *Users Mobile Application Rating Scale (uMARS)* et d'un questionnaire de satisfaction. Les résultats ont permis d'identifier les critères et les indicateurs à prendre en compte dans l'amélioration de l'application et de la personnalisation des choix des interventions numériques de santé.

Le chapitre 6, conclusion et perspectives de recherche, indique les limites et les avantages de notre travail de recherche. Enfin, les perspectives de recherche sont proposées dans un cadre éthique avec des données réelles.



Figure 1: Cartographie de la thèse

Cette cartographie Figure 1 illustre les différentes dimensions du travail réalisé contexte, domaine, axe d'amélioration et organisation de la thèse. La partie gauche correspond à l'approche méthodologique, les mots-clés associés sont intervention numérique de santé, personnalisation, adhésion, comportement et prévention primaire du risque cardiovasculaire. La partie de droite correspond à l'approche applicative, les mots clés associés sont informatique biomédicale, ingénierie des connaissances, m-santé et santé publique. L'ingénierie de connaissances a servi de base pour la conception et l'évaluation de l'ergonomie de l'application *Prevent Connect*.

Sommaire

<i>Production scientifique en thèse CIFRE 2017/0860</i>	5
<i>Listes des figures</i>	9
<i>Listes des Tableaux</i>	11
<i>Partie I</i>	14
<i>Ingénierie des connaissances à mobiliser pour le choix d'interventions numériques de santé application en prévention du risque cardiovasculaire</i>	14
<i>Chapitre 1</i>	15
<i>Introduction générale et contexte</i>	16
<i>Les interventions numériques de santé, une opportunité pour améliorer l'efficacité de la prévention du risque cardio-vasculaire</i>	16
<i>Chapitre 2</i>	28
<i>L'influence des interventions connectées pour l'adhésion à la prévention du risque cardio-vasculaire</i>	29
<i>Chapitre 3</i>	46
<i>Enrichissement d'un modèle de prédiction de facteurs de risques cardio-vasculaires</i>	47
<i>Partie II</i>	66
<i>Conception d'une application mobile pour le choix d'interventions numériques de santé et évaluation ergonomique</i>	66
<i>Chapitre 4</i>	67
<i>Conception de l'application mobile Prevent Connect pour le choix d'interventions numériques de santé</i>	68
<i>Chapitre 5</i>	79
<i>Évaluation de l'ergonomie de l'application mobile Prevent Connect</i>	80
<i>Chapitre 6</i>	97
<i>Conclusion générale et perspectives de recherche</i>	98
<i>Références</i>	103
<i>Liste des Figures</i>	114
<i>Liste des Tableaux</i>	116
<i>Liste des annexes</i>	117
<i>Formations doctorales</i>	160
<i>Glossaire</i>	161
<i>Résumé</i>	163

Listes des figures

<i>Figure 1: Cartographie de la thèse.....</i>	<i>7</i>
<i>Figure 2: Représentation de la e-santé d'après le livre blanc sur la santé connectée (CNOM, 2015).....</i>	<i>17</i>
<i>Figure 3: Complémentarité de la médecine clinique et de la santé publique (Colloc J, 2015).....</i>	<i>18</i>
<i>Figure 4: Les INM, au cœur de la santé intégrative (plateforme CEPS, université Montpellier, 2019).....</i>	<i>20</i>
<i>Figure 5 :Classification des interventions non médicamenteuses (plateforme CEPS, université Montpellier, 2019).....</i>	<i>21</i>
<i>Figure 6 : La chartre « Engagé pour la E-Santé » 10 septembre 2020. « Cette chartre « Engagé pour la e-santé » a été signée par 235 industriels. Ils s'engagent formellement dans cette feuille de route ministérielle à mener à bien plusieurs chantiers numériques essentiels à la modernisation de notre système de soins et à l'amélioration de la prise en charge des personnes dans les secteurs sanitaires et médico-social ».....</i>	<i>26</i>
<i>Figure 7: objet de la recherche.....</i>	<i>27</i>
<i>Figure 8: Capture d'écran de l'interface utilisateur de BibReview (Appl Clin Inform. 2020).....</i>	<i>31</i>
<i>Figure 9 : Logigramme des articles inclus (Appl Clin Inform. 2020).....</i>	<i>32</i>
<i>Figure 10: Facteurs de risque mentionnés dans les articles sélectionnés (Appl Clin Inform. 2020).....</i>	<i>35</i>
<i>Figure 11: Interventions numériques de Santé utilisées dans les articles sélectionnés (Appl Clin Inform. 2020).....</i>	<i>37</i>
<i>Figure 12: Adhésion évaluées dans les articles sélectionnés (Appl Clin Inform. 2020).....</i>	<i>38</i>
<i>Figure 13: Répartition des articles a-b-c (Appl Clin Inform. 2020).....</i>	<i>40</i>
<i>Figure 14: Répartition des interventions connectées dans les articles sélectionnés (Appl Clin Inform. 2020).....</i>	<i>40</i>
<i>Figure 15: Répartition de l'adhésion (Appl Clin Inform. 2020).....</i>	<i>41</i>
<i>Figure 16: Caractéristiques des tendances des interventions de santé connectées (Appl Clin Inform. 2020).....</i>	<i>43</i>
<i>Figure 17: Exemples d'interventions numériques de santé.....</i>	<i>45</i>
<i>Figure 18: Matériels et méthode utilisés.....</i>	<i>47</i>
<i>Figure 19: Modèle relationnel des différents facteurs de risque cardio-vasculaire. (Meneton et al., 2016).....</i>	<i>48</i>
<i>Figure 20: Représentation graphique du questionnaire des données démographiques.....</i>	<i>51</i>
<i>Figure 21: Représentation graphique du questionnaire consommation d'alcool. (L'abréviation FDR est utilisée pour « facteur de risque »).....</i>	<i>54</i>
<i>Figure 22: Représentation graphique du questionnaire consommation de tabac.....</i>	<i>54</i>
<i>Figure 23: Représentation graphique du questionnaire alimentaire.....</i>	<i>56</i>
<i>Figure 24: Représentation graphique du questionnaire activité physique.....</i>	<i>57</i>
<i>Figure 25: Représentation graphique du questionnaire facteurs de risques cliniques.....</i>	<i>58</i>
<i>Figure 26: Représentation graphique du questionnaire sociale.....</i>	<i>60</i>
<i>Figure 27: Représentation graphique de la classification de 16 profils de comportement. (Source : extrait Fouque M 2019).....</i>	<i>61</i>
<i>Figure 28: Représentation graphique de la classification du groupe de facteurs cliniques (Source : extrait Fouque M 2019).....</i>	<i>62</i>
<i>Figure 29 : Représentation graphique de la classification du groupe de facteurs sociaux (Source : extrait Fouque M 2019).....</i>	<i>62</i>
<i>Figure 30: Programme National Nutrition Santé extrait (PNNS4 2019-2023).....</i>	<i>63</i>
<i>Figure 31: Réunion de projet pour le choix de recommandation.....</i>	<i>64</i>
<i>Figure 32: Processus de sélection des interventions numériques de santé.....</i>	<i>68</i>

<i>Figure 33 : Exemple du cheminement du système aux différentes étapes (Fouque M 2019)...</i>	70
<i>Figure 34: Exemple d'une persona pour un scénario d'usage</i>	70
<i>Figure 35: Base MySQL.....</i>	72
<i>Figure 36: Architecture du système (Fouque M, 2019)</i>	72
<i>Figure 37: Génération randomisée d'un jeu de donnée (Brandi M., 2019)</i>	73
<i>Figure 38: Captures d'écran sur l'information sur la sécurité des données (Brandi M, 2019)</i> <i>.....</i>	74
<i>Figure 39: Captures d'écran de l'interface d'accueil utilisateur : établissement d'un profil</i> <i>utilisateur (Brandi M, 2019).....</i>	75
<i>Figure 40: Captures d'écran du questionnaire clinique (Brandi M, 2019).....</i>	75
<i>Figure 41: Captures d'écran du questionnaire consommation alcool et tabac (Brandi M, 2019)</i> <i>.....</i>	76
<i>Figure 42 : Captures d'écran des questionnaires activité physique et social (Brandi M, 2019)</i> <i>.....</i>	76
<i>Figure 43: Captures d'écran du questionnaire alimentation (Brandi M, 2019).....</i>	77
<i>Figure 44 : Captures d'écran du bilan du comportements (Brandi M, 2019)</i>	77
<i>Figure 45 : Captures d'écran des leviers de m-santé proposés (Brandi M, 2019)</i>	78
<i>Figure 46: recrutement et évaluation en ligne</i>	86
<i>Figure 47 : Distribution des réponses des utilisateurs à l'échelle uMARS (section A) (n=52)</i>	88
<i>Figure 48 : Distribution des réponses des utilisateurs à l'échelle uMARS (section B) (n=52)</i>	89
<i>Figure 49: Distribution des réponses des utilisateurs à l'échelle uMARS (section C) (n=52)</i>	89
<i>Figure 50: Distribution des réponses des utilisateurs à l'échelle uMARS (section D) (n=52,</i> <i>sauf pour la crédibilité de la source n=51, pour informations visuelles n=48.).....</i>	90
<i>Figure 51: Distribution des réponses des utilisateurs à la demande de qualité subjective</i> <i>(section E) (n=52).....</i>	90
<i>Figure 52: Distribution des réponses des utilisateurs à l'échelle uMARS à la perception de</i> <i>l'impact, domaines d'amélioration de la satisfaction globale (section F) (n=52).....</i>	91
<i>Figure 53: Réponses si l'utilisation de l'application Prevent est susceptible de sensibiliser à</i> <i>la prévention personnalisée du risque cardiovasculaire.....</i>	91
<i>Figure 54: Réponses si l'utilisation de l'application Prevent Connect peut entraîner une aide</i> <i>au changement du comportement.....</i>	92
<i>Figure 55: Réponses sur la liste des leviers d'INS proposée dans l'application Prevent</i> <i>Connect.....</i>	92
<i>Figure 56: Perspectives de recherche avec l'application mobile Prevent Connect</i>	102

Listes des Tableaux

<i>Tableau 1: Construction de la requête (Appl Clin Inform. 2020)</i>	30
<i>Tableau 2: Objectifs des 24 articles inclus (Appl Clin Inform. 2020)</i>	33
<i>Tableau 3: Exemples des questionnaires de comportements GAZEL, 2009</i>	50
<i>Tableau 4: Exemples des questionnaires de facteurs sociaux GAZEL, 2009</i>	50
<i>Tableau 5: Codage des réponses (groupe A)</i>	51
<i>Tableau 6: Déterminations des classes de buveur</i>	53
<i>Tableau 7 : Codage des réponses (groupe B)</i>	57
<i>Tableau 8: Codage des réponses (groupe C)</i>	58
<i>Tableau 9: Codage des réponses (groupe D)</i>	59
<i>Tableau 10 : données d'entrée et de sortie</i>	73
<i>Tableau 11: Organisations et logistiques</i>	85
<i>Tableau 12: Caractéristiques sociodémographiques du panel utilisateur témoin</i>	87
<i>Tableau 13: Exemples de retours d'information du panel utilisateur témoin</i>	94
<i>Tableau 14: Exemples des retours d'expérience du panel utilisateur témoin</i>	95
<i>Tableau 15 : Objectifs des 24 articles inclus</i>	119
<i>Tableau 16: Liste des articles inclus (Appl Clin Inform. 2020 Aug;11)</i>	120
<i>Tableau 17: Caractéristiques détaillées (Appl Clin Inform. 2020 Aug;11)</i>	122
<i>Tableau 18: Caractéristiques extraites (Appl Clin Inform. 2020 Aug;11)</i>	124
<i>Tableau 19: Exemples de retours d'information des évaluateurs (sections A à F)</i>	145
<i>Tableau 20: Caractéristiques sociodémographiques des évaluateurs</i>	146
<i>Tableau 21: Calcul du score global de uMARS par évaluateur</i>	148
<i>Tableau 22 : Réponses des expériences de 52 utilisateurs évaluateurs en focus group pour l'application Prevent Connect</i>	153

Glossaire

Activité physique : Tout mouvement corporel produit par les muscles squelettiques, responsable d'une augmentation significative de la dépense énergétique supérieur à la valeur de repos.

Activité physique adaptée : activité physique et sportive adaptée aux capacités de personnes à besoins spécifiques (atteintes de maladies chroniques, vieillissantes, en situation de handicap ou vulnérables), au risque médical, aux besoins et attentes des pratiquant et, le cas échéant, aux indications et contre-indications du médecin traitant. (expertise collective, activité physique, prévention et traitement des maladies chroniques, Inserm 2019).

Adhésion : peut être définie comme la persistance dans le temps d'une utilisation correcte de l'intervention. L'intervention est un levier qui a pour fonction de cibler un facteur de risque et qui combine une fonction « motivationnelle ». Le terme d'adhérence, qui est un anglicisme, sera employé comme synonyme du terme français d'adhésion afin de nous référer à la notion d'adhésion thérapeutique.

Auto-Questionnaire : regroupe les informations (qualitative) sur le mode de vie de la personne (niveau d'études, préférences, habitudes alimentaires, auto-évaluation de l'activité physique [actif, très actif, inactif], adhésion aux règles hygiéno-diététiques, statut professionnel [cadre actif, ouvrier, retraité, chômeur]).

Comorbidité : La comorbidité désigne la ou les maladies qui sont associées à une maladie ou condition chronique initiale. Par exemple, les comorbidités associées à l'obésité sont le diabète, les maladies cardiovasculaires.

Compliance : recherche de soumission et de conformité du patient aux directives du médecin, dans un type de relation qui place le professionnel dans un rôle d'autorité.

Droit à la portabilité : offre aux personnes la possibilité de récupérer une partie de leurs données dans un format ouvert et lisible par machine. Elles peuvent ainsi les stocker ou les transmettre facilement d'un système d'information à un autre, en vue de leur réutilisation à des fins personnelles. Ce droit est introduit par le Règlement européen 2016/679 et la loi pour la République Numérique du 7 octobre 2016.

Éducation Thérapeutique : L'éducation thérapeutique du patient est un processus continu, intégré aux soins et centré sur le patient. Il comprend des activités organisées de sensibilisation, d'information, d'apprentissage et d'accompagnement psychosocial concernant la maladie, le traitement prescrit, les comportements de santé et de maladie du patient.

L'éducation thérapeutique intégrée à une intervention en activité physique adaptée peut avoir comme objectif d'aider le patient, à prendre conscience de ses habitudes de vie en termes d'activité physique, sédentarité, alimentation déséquilibrée et leurs enjeux pour sa santé.

Inactivité physique : L'inactivité physique est définie comme une pratique d'activité physique modérée soit l'équivalent de 30 minutes cinq fois par semaines pour les adultes.

Implémentation : consiste en la mise en place sur un support informatique, comme un ordinateur, un smartphone, ou encore une tablette, d'un logiciel adapté aux besoins et à la configuration informatique de l'utilisateur.

Intervention Non Médicamenteuse (INM) : Une INM est une intervention non invasive et non pharmacologique qui vise à prévenir, soigner ou guérir un problème de santé. Elle se matérialise sous la forme d'un produit, une méthode, d'un programme, ou d'un service dont le contenu doit être connu de l'utilisateur. Elle a un impact observable sur des indicateurs de santé, de qualité de vie, comportementaux et socio-économiques. Sa mise en œuvre nécessite des compétences relationnelles, communicationnelles et éthique. (selon Expertise Collective Inserm- 2020)

Intervention Numérique de Santé (INS) : INS sont une catégorie d'INM comme des solutions digitales, applications mobiles, objets de santé connectés, réseaux sociaux.

Logigramme : Le logigramme est un outil d'analyse qui permet de représenter de façon ordonnée et séquentielle, l'ensemble des tâches ou événements mis en œuvre pour réaliser une activité donnée. Il est constitué d'un ensemble de symboles relié par des flèches.

Maladie chronique : Les maladies chroniques sont des affections de longue durée qui évoluent lentement comme le diabète, hypertension, l'obésité. Elles se caractérisent au-delà de leur durée par leurs répercussions sur la vie quotidienne. Le point commun est l'effet sur les dimensions sociale, psychologique et économique de la vie du malade.

Prévention : constitue l'ensemble des mesures visant à éviter ou réduire le nombre et la gravité des maladies, des accidents et des handicaps (OMS, 1948).

Prévention primaire : ensemble des actes visant à diminuer l'incidence d'une maladie dans une population et donc réduire, à ce stade de la prévention les conduites individuelles à risque sont par conséquent pris en compte, comme les risques en terme environnementaux ou sociétaux.

Prévention secondaire : diminuer la prévalence d'une maladie dans une population. Ce stade recouvre les actes destinés à agir au tout début de l'apparition du trouble ou de la pathologie afin de s'opposer à son évolution ou encore destinés à faire disparaître les facteurs de risque. (OMS, 1984)

Promotion de la santé : La promotion de la santé a pour but de donner aux individus davantage de maîtrise de leur propre santé et davantage de moyens de l'améliorer. Elle ne se borne pas seulement à préconiser l'adoption de modes de vie qui favorisent la bonne santé, son ambition est le bien-être complet de l'individu. (Charte d'Ottawa, 1986).

Qualité de vie : La qualité de vie liée à la santé est un « agrégat de représentations fondées sur l'état de santé, l'état physiologique, le bien-être et la satisfaction de vie ».

Risque cardio-métabolique : Les risques cardio-métaboliques (RCM) désignent les facteurs de risque qui augmentent la probabilité d'être victimes d'un accident vasculaire ou de développer le diabète. Ce concept englobe les facteurs de risque traditionnels compris dans les calculateurs de risque, comme l'hypertension, la dyslipidémie et le tabagisme, ainsi que les facteurs de risque nouvellement reconnus comme l'obésité abdominale, le profil inflammatoire et l'ethnicité. Les médecins de soins primaires sont les mieux placés pour identifier ces facteurs, car la plupart des patients les consultent à un stade précoce sans présenter de symptômes.

Sédentarité : La sédentarité est définie par une situation d'éveil caractérisé par une dépense énergétique faible en position assise ou allongé. La sédentarité ou le comportement sédentaire, qui se distingue de l'inactivité physique, a des effets délétères indépendants de celle-ci sur la santé. (expertise collective Inserm, 2019)

Sport : Activité physique codifiée, dont l'entraînement et la compétition sont des moyens, et l'amélioration de la performance et le dépassement de soi, les finalités.

UML Langage de modélisation unifiée est une notation basée sur les méthodes Booch, OMT (Rumbaugh), OOSE (Jacobson), a été construite afin de standardiser les artefacts de développement (modèles, notation, diagrammes) sans standardiser le processus de développement.

Partie I

*Ingénierie des connaissances à mobiliser pour le choix
d'interventions numériques de santé application en
prévention du risque cardiovasculaire*

Chapitre 1

Introduction générale et contexte

Les interventions numérique de santé, une opportunité pour améliorer l'efficacité de la prévention du risque cardio-vasculaire

1.1 L'e-santé, une opportunité pour améliorer l'efficacité de la prévention

1.2 Maladies chroniques et prévention du risque cardio-vasculaire

1.3 Les interventions non médicamenteuses (INM)

1.4 Les interventions numériques de santé (INS)

1.5 Problématique et objet de la recherche

Ce premier chapitre présente les diverses notions, concepts et outils qui seront manipulés dans le cadre de cette thèse. L'ensemble de ces notions¹¹ permettra de dessiner la trame nécessaire à tous lecteurs pour mieux comprendre et concevoir la problématique développée, la question de recherche et les objectifs proposés, et la méthode employée lors de ce travail de recherche.

¹¹ voir glossaire

Introduction générale et contexte

Les interventions numériques de santé, une opportunité pour améliorer l'efficacité de la prévention du risque cardio-vasculaire

1.1 L'e-santé, une opportunité pour améliorer l'efficacité de la prévention

Qu'est-ce que l'e-Santé ? Selon l'OMS, l'e-Santé « eHealth » est l'utilisation de technologies de l'information et de communication (TIC) en santé. Cela comprend une large gamme de services ou de systèmes d'information, et d'informatique liés à la santé des patients et des professionnels de soin.

La e-Santé est l'utilisation des services et outils numériques en vue de produire, transmettre, collecter, gérer et partager des données numériques en faveur des pratiques médicales et médico-sociales. L'e-Santé se met « au service du bien-être de la personne » (World Health Organization, 2013). Elle s'inscrit dans le cours d'une dynamique prometteuse : celle du *quantified self*. Le *quantified self*, dont l'une des traductions françaises est la mesure de soi, est un processus lors duquel un individu procède à une évaluation quantitative systémique de ses données physiologiques de manière autonome (Dagiral et al., 2019).

La Figure 2 est une représentation de la *e-santé publiée dans le livre blanc sur la santé connectée (CNOM, 2015)* qui propose un positionnement des différents termes utilisés en relation avec la e-santé.

La télésanté regroupe la m-santé et la télémédecine. La télémédecine est l'ensemble des pratiques médicales à distance faisant appel aux NTIC¹², à l'instar de la télésurveillance, de la télé expertise ou encore de la téléconsultation (Direction Générale de l'offre de soins, 2020).

Selon la HAS¹³ (Haute Autorité de Santé), la m-santé est définie par l'ensemble des pratiques médicales et de santé publique reposant sur des supports mobiles (smartphones, capteurs, appareils sans fil, etc.) et soutenue par des applications axées sur la santé, telles que les applications portant sur le mode de vie et le bien-être, la promotion de la santé et les dispositifs médicaux (Haute Autorité de Santé, 2013).

¹² Nouvelles technologies de l'information et de la communication

¹³ <https://www.has-sante.fr/>

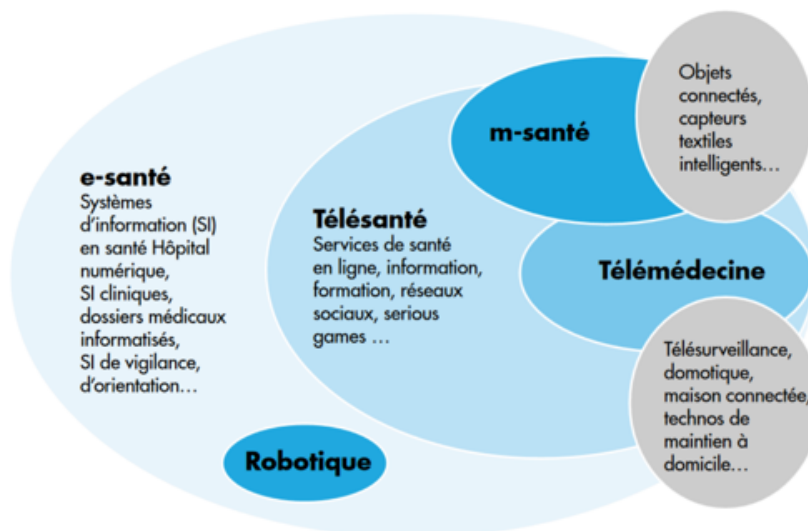


Figure 2: Représentation de la e-santé d'après le livre blanc sur la santé connectée (CNOM, 2015)

L'OMS définit la m-santé comme « pratiques médicales et de santé publique supportées par des appareils mobiles, tels que les téléphones mobiles, les dispositifs de surveillance des patients, les assistants personnels (PDA) et autres appareils sans fil » (World Health Organization, 2011). Cependant aucune définition ne caractérise spécifiquement les objets connectés (Moore & Johnson, 2015). En France, la HAS définit comme objet connecté tous les dispositifs connectés à l'Internet pouvant collecter, stocker, traiter et diffuser des données ou pouvant accomplir des actions spécifiques en fonction des informations reçues (Haute Autorité de Santé, 2016). Une publication de Aungst de 2014 établit une classification des différentes applications de m-santé : les applications mobiles correspondant à un logiciel pouvant se lancer sur un appareil mobile ; les applications mobiles natives (préinstallées sur l'appareil) ; les applications mobiles téléchargeables ; les applications Web accessibles via un explorateur Internet (Aungst et al., 2014).

Dans cette thèse notre cadre d'étude se restreint à la santé mobile (m-santé) intégrant l'Internet des objets, appelé *Internet of Things (IoT)* en santé publique.

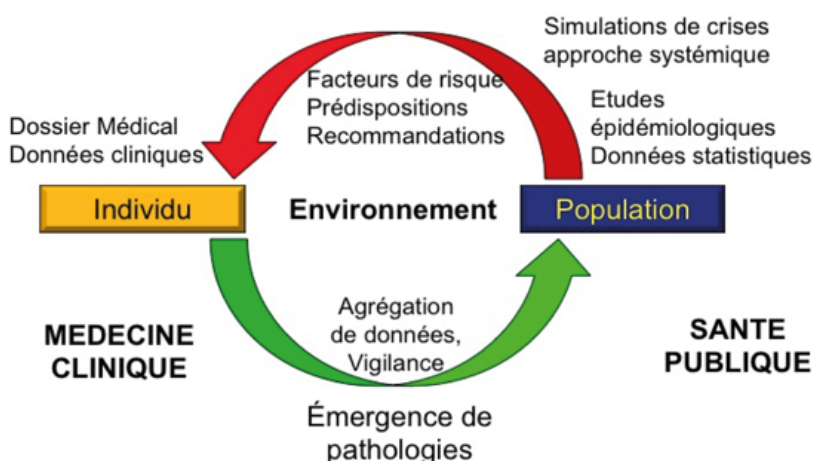


Figure 3: Complémentarité de la médecine clinique et de la santé publique (Colloc J, 2015)

« L'épidémiologie améliore et complète chaque jour le corpus de connaissances de nombreuses spécialités médicales. L'objectif de la santé publique est de s'efforcer que chaque individu de la population puisse bénéficier de mesures préventives pour empêcher la survenue de pathologies et d'assurer la logistique nécessaire pour que les soins puissent être effectués dans de bonnes conditions. ». La Figure 3 proposée dans (Colloc J, 2015) nous indique deux environnements qui se complètent : 1) la médecine clinique centré sur l'individu et 2) la santé publique centré sur la population.

Dans cette thèse, nous interrogeons cette complémentarité au moment du passage à des recommandations générales pour la « population » vers des recommandations personnalisées pour « l'individu ».

De nombreuses équipes de recherche travaillent sur des problématiques afin de développer des systèmes experts, appelés systèmes d'aide à la décision en médecine (SADM), se basant sur la réutilisation des connaissances dans un domaine donné issues de l'extraction des bases de connaissances ou d'informations en provenance d'entrepôts de données (Berner, 2009). Parmi les différents SADM, on retrouve des approches se fondant sur des connaissances de modèles mathématiques probabilistes permettant de produire des probabilités à partir de jeu de données pour un diagnostic, ou pour la survenue d'un événement comme un accident vasculaire cérébral (AVC). Parmi les autres stratégies mises en place, il existe aussi le calcul d'un score spécifique pour certains troubles à l'aide de données recueillies par un questionnaire standardisé par exemple le score du risque cardio-vasculaire : *Framingham Heart Study* (FHS) (Mahmood SS, 2014) e-RCV pouvant être calculé à l'aide d'un questionnaire standardisé et dont la somme des réponses permet l'obtention d'un score final. Les SADM sont utilisés mais la décision finale et la responsabilité relative à celle-ci restent tout de même au professionnel de santé recourant à ces systèmes. (Hunt et al., 1998). Plus récemment, d'autres travaux utilisant notamment le système (MAS) multi-agents d'aide à la décision utilisent et combine des bases de données, des bases de connaissances, des ontologies et différents modes de raisonnement. (Shen Y, Colloc J, et al, 2018). Les solutions cliniques émergent de la coopération d'agents spécialisés dans le suivi thérapeutique et des bases de connaissances développés avec différents modèles peuvent aider à la prise de décision en santé publique ou la prise de décision sur le traitement le plus adapté en réunion de concertation pluridisciplinaire sur des cas cliniques complexes en oncologie. (Shen Y et al, 2015). Toutes les directives actuelles sur la prévention des maladies

cardio-vasculaires en pratique clinique fournissent un soutien et préconisent l'utilisation d'algorithmes de prévision du risque pour identifier des patients présentant un risque d'événements cardio-vasculaires (Piepoli et al., 2016) (Cosentino F et al., 2020). Une étude récente n'a pas permis d'identifier de bénéfice clinique clair au système d'aide à la décision (SAD) personnalisé en ce qui concerne les niveaux de facteurs de risque cardio-vasculaires et l'atteinte de l'objectif (Groenhouf et al., 2019). La pertinence clinique du SAD dans la gestion du risque cardio-vasculaire semble alors pouvoir être recherchée dans l'amélioration de la prise de décision partagée et de l'autonomisation du patient. Dans cet esprit, le SAD pourrait tirer parti des recommandations médicales des patients en choisissant le levier d'e-santé optimal pour appliquer la recommandation et atteindre les objectifs (Ugon et al., 2018).

Dans cette thèse, nous proposons une approche de type SADM pour proposer des solutions de e-santé à partir de données collectées sur des utilisateurs via des questionnaires.

L'efficacité de la prévention peut être améliorée par les solutions d'e-santé, l'aide des différents outils possibles tels que les *Serious Games*, les objets connectés ou les réseaux sociaux vers une approche d'adhésion de ces applications qui change la relation entre les professionnels de santé et les patients. En effet, ces solutions numériques par le biais de smartphones, ou tablettes, *via* des applications, confèrent aux patients un accès à leurs données de santé jusque-là réservées aux professionnels de santé. Parmi les pionniers de la e-santé figurent Gary Wolf et Kevin Kelly. Ils débutèrent en 2007 dans la *Silicon Valley*, une méthode de quantification de soi reposant sur les utilisateurs et les fabricants des outils de gestion de données personnelles en vue d'en tirer des informations pertinentes. Les utilisateurs ne se caractérisent plus seulement par une ou deux mesures, mais par des valeurs de paramètres clés, qu'ils soient cliniques, biologiques, génétiques, émotionnels ou environnementaux. Générées numériquement, ces données et les applications mobiles utilisées pour les analyser vont remettre en question la manière dont sont conçues les différentes formes de prévention et leur gestion. Ces nouvelles possibilités sont prometteuses, mais elles s'accompagnent également de leur lot de défis à ne pas négliger. Au-delà des défis technologiques, cette évolution pourra surtout se faire systématiquement dans une démarche éthique de conception avec l'utilisateur.

Dans cette thèse, notre cadre d'étude se restreint au contexte de la prévention primaire du risque cardio-vasculaire en s'intéressant plus particulièrement aux données de comportement chez les personnes atteintes par ailleurs de maladies chroniques.

1.2 Maladies chroniques et prévention du risque cardio-vasculaire

La meilleure action contre les maladies chroniques, sur laquelle l'OMS alerte les pays depuis vingt ans, est la prévention. Les états se sont réunis en 2011, pour s'engager à réduire de 33 % la mortalité due aux maladies non transmissibles d'ici 2030 (World Health Organization, 2013).

La mortalité due aux maladies chroniques ne cesse d'augmenter depuis les années 2000 dans toutes les régions du monde (Organisation Mondiale de la Santé, 2019)¹⁴. Le terme de maladie chronique est compris au sens officiel établi par l'OMS comme « *tout problème de santé qui nécessite une prise en charge sur une période de plusieurs années ou décennies* ».

¹⁴ <https://www.cdc.gov/chronicdisease/about/index.htm>

Selon les prévisions, le nombre total de décès annuels résultant des maladies chroniques non transmissibles devrait s'élever à 52 millions d'ici 2030.

Outre les prédispositions génétiques, de nombreux facteurs de risque dépendant du mode de vie des individus comme l'alimentation, l'activité physique ou la sédentarité, constituent des déterminants majeurs dans la survenue de maladies chroniques telles que l'hypertension artérielle, le diabète de type 2 ou l'obésité (Bernell & Howard, 2016 ; Brocklebank et al., 2015 ; Dunstan et al., 2012). Les maladies chroniques sont interdépendantes et représentent les unes pour les autres des facteurs de comorbidité. D'autre part, les maladies cardio-vasculaires sont aujourd'hui la principale cause de décès dans le monde (Organisation Mondiale de la Santé, 2020) et il est essentiel que la prévention du risque cardio-vasculaire soit accentuée chez les personnes souffrant d'une maladie chronique, en tenant compte de leur mode de vie. En plus de la prise en charge médicamenteuse des malades, de nombreuses interventions non médicamenteuses peuvent être mises en place, afin de prévenir et gérer les pathologies chroniques (Egger & Dixon, 2014 ; Ezzati & Riboli, 2013 ; Ford & Caspersen, 2012).

1.3 Les interventions non médicamenteuses (INM)

Selon les diverses instances de santé comme l'OMS, pour prévenir le développement de maladies chroniques des stratégies de sensibilisation, d'éducation, et d'information sont nécessaires (World Health Organization, 2013). Il convient, face au contexte épidémiologique mondial relatif aux maladies chroniques et au virage préventif des différents systèmes de santé, de responsabiliser les individus. Cette situation conduit à avoir de plus en plus recours à des stratégies impliquant des Interventions Non Médicamenteuses (INM) employées sur près de deux tiers des individus à travers le monde.

Les INM s'inscrivent dans le système plus global de la santé intégrative, aux côtés des traitements biomédicaux réglementés, des politiques environnementales et des approches culturelles (Carbonnel & Ninot, 2019 ; Ninot, G. 2019). La santé intégrative correspond au recours simultané des méthodes de la médecine conventionnelle et de la médecine non conventionnelle, dite alternative, pouvant être complémentaire dans la prise en charge d'un sujet. La Figure 4 illustre cet écosystème.

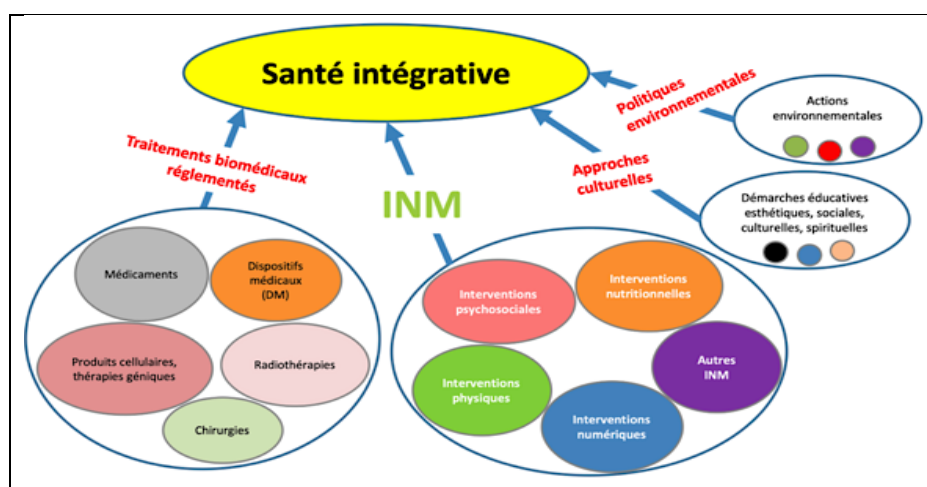


Figure 4: Les INM, au cœur de la santé intégrative (plateforme CEPS, université Montpellier, 2019)

En 2017, le marché mondial des INM est estimé à 3745 milliards d'euros (Global Wellness Institute, 2018). La plateforme du CEPS, instaurée et mise en place au début des années 2010, propose des ressources en accès libre pour la validation et la surveillance des INM (Ninot & Carbonnel, 2016). Ces dernières se déclinent en cinq catégories (Amrani & Ninot, 2017). Les interventions en matière de santé nutritionnelle, psychologique, physique, numérique et les autres interventions en matière de santé.

Les auteurs (Ninot & Carbonnel, 2016) constatent que la plupart des interventions consistent à formuler des recommandations reposant sur les données recueillies auprès de la population et disponibles dans le domaine institutionnel. Compte tenu de l'amélioration des solutions de « thérapie digitale » de santé mobile (m-santé), d'autres solutions visant à compléter ces approches de prévention traditionnelles sont envisagées.

À l'ère des objets connectés, de la numérisation et de la transition vers des services numériques, le secteur de la santé envisage l'émergence de la thérapie numérique comme une alternative crédible, efficace et durable. L'essor des technologies innovantes comme celle des outils liés au domaine de l'IoT (de l'anglais IoT Internet of Things) a comme conséquence l'explosion du secteur de la santé connectée. Ce secteur représente une piste porteuse d'espoir pour la santé résultant de l'utilisation de plus en plus fréquente de tensiomètres, de cardio fréquence-mètre, et d'autres dispositifs médicaux mesurant et contrôlant les signaux vitaux et l'état physiologique, et ce, à des fins informatives, ludiques, et/ou préventives.

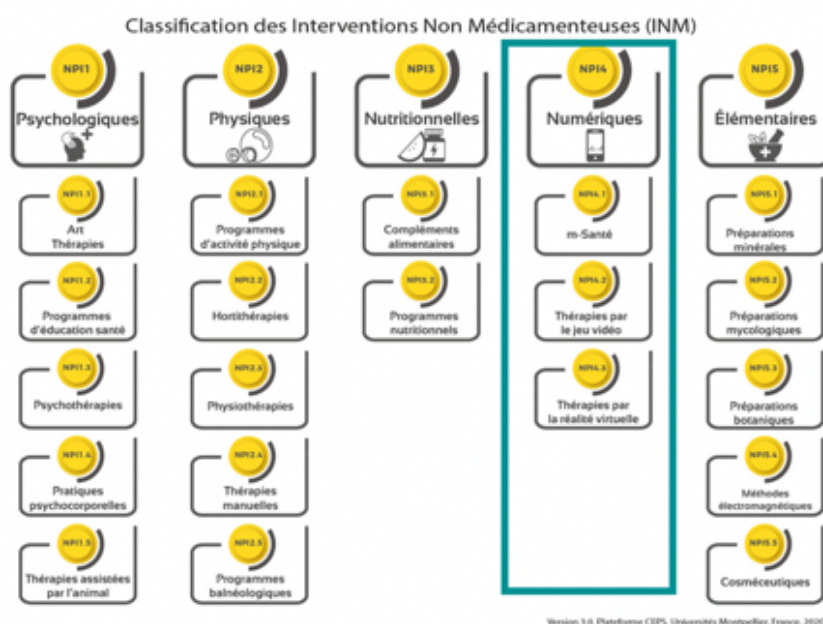


Figure 5 : Classification des interventions non médicamenteuses ¹⁵(plateforme CEPS, université Montpellier, 2019).

La Figure 5 représente une classification des INM, dans le cadre de la thèse, on s'intéresse aux interventions numériques de santé NP14, en particulier les NP14-1 : m-santé.

¹⁵ <https://plateformeceps.www.univ-montp3.fr/fr/nos-services/classificationinm>

1.4 Les interventions numériques de santé (INS)

L'évolution des dispositifs connectés s'est accélérée au vu de la diversité des profils de la patientèle. En effet, celle-ci varie en fonction de critères d'âge, d'immunité ou d'isolement géographique. Ces interventions numériques de santé dans le cadre vert en Figure 5 sont bénéfiques dans la mesure où ils s'adaptent à ces diverses populations. En outre, ils sont de plus en plus accessibles et ergonomiques.

À l'heure actuelle, « les thérapies digitales », comme les *Serious Games* sont définies par l'utilisation d'applications numériques ludiques à visée pédagogique, informationnelle et communicationnelle, reposant sur les techniques et logiques immersives et éducatives du jeu vidéo. Les *Serious Games* s'adressent respectivement aux patients ou aux professionnels de santé. « Ils relèvent davantage de l'edutainment (jeu à des fins éducatives) que du jeu de simulation » (Alvarez et al., 2016).

Les présentations des différentes thérapies digitales disponibles, leurs rôles, et complémentarité dans le cadre d'une intervention non médicamenteuse ayant été faites, nous pouvons nous demander quelles observances sont accordées par les malades à ces nouveaux outils de prévention, de suivi, et d'autogestion. Au sens strictement médical, l'observance renvoie au respect des prescriptions par le patient. Il s'agit non seulement de la posologie médicamenteuse, mais aussi des règles hygiéno-diététiques et de la présence aux consultations médicales. Ce facteur est crucial, parfois déterminant dans le déroulement du processus de traitement médicamenteux. Ainsi, le non-respect des conditions de traitement/rétablissement influe sur la viabilité de l'observance et peut faire échouer le traitement et mettre en danger la santé du patient. Un défaut d'observance est récurrent dans la plupart des maladies chroniques (Carbonnel, 2018). Par ailleurs, une relation de qualité établie entre le médecin et son malade constitue un facteur majeur dans l'amélioration de l'observance, bien que le coût élevé de la prescription puisse aussi jouer un rôle déterminant. Cette alliance peut être entravée par différents éléments tels que la complexité des traitements modernes, un manque d'éducation dans le domaine de la santé, une mauvaise évaluation des bénéfices du traitement, l'apparition possible d'effets indésirables sans que le patient en soit préalablement informé, le coût des traitements, une mauvaise communication ou un manque de confiance entre le patient et son médecin. Les freins à l'observance minimisent le rôle du patient dans sa prise en charge. Celui-ci est réduit au statut de simple spectateur. De nombreux efforts pour améliorer l'observance des patients ont été développés et visent à simplifier la prise des traitements, à fournir des aide-mémoires efficaces, à améliorer l'éducation du patient, à limiter le nombre de traitements prescrits simultanément.

L'éducation thérapeutique du patient est une pratique à la frontière de la médecine, de la pédagogie de la santé, et des sciences humaines et sociales considérant le patient comme un acteur de sa santé et visant à fournir à ce dernier l'ensemble des connaissances nécessaires à l'acquisition ou au maintien des compétences nécessaires à la gestion de sa pathologie (Actions Traitements, 2020). Elle permet au patient : de mieux comprendre sa pathologie et ainsi de l'accepter ; de connaître les bénéfices et les effets secondaires de ses traitements ; de connaître les mesures préventives à adopter ; de reconnaître une aggravation de sa pathologie et savoir réagir de manière adéquate ; d'identifier les facteurs ou circonstances déclenchant des pics de

résurgence de sa pathologie pour mieux les prévenir ; de résoudre les difficultés du quotidien liées à la maladie et ainsi augmenter la qualité de vie (Actions Traitements, 2020).

D'autres publications, comme celle de Cottin *et al.* de 2012 relatives à l'observance des traitements ont mis en exergue que seule une approche multidisciplinaire en vue d'une bonne adhésion a rendu possible une action coordonnée de tous les professionnels de santé (Cottin *et al.*, 2012). De plus, l'auteur rappelle que dans le contexte des maladies chroniques, le moment des évaluations est primordial. L'auteur propose de réaliser des contrôles inopinés en utilisant des moyens de communication variés. Ceux-ci permettent d'évaluer et de confirmer la véracité des données mesurées par le patient, et de son observance thérapeutique réelle. Nous avons constaté l'importance de l'éducation thérapeutique et des contrôles inopinés dans la gestion et la prévention de pathologies par les malades. Dans notre contexte, le terme d'adhésion sera employé afin de nous référer à la notion d'observance thérapeutique. L'observance thérapeutique correspond à une forme d'approbation et de volonté réfléchie de l'individu à prendre en charge sa pathologie (Lamouroux *et al.*, 2005).

Les objets connectés de santé sont considérés comme des outils propices à la modification du mode de vie individuel (Haute Autorité de Santé, 2013, 2016 ; World Health Organization, 2011). Un rapport de la Haute Autorité de Santé rend compte d'une volonté croissante des usagers et des patients de s'impliquer davantage dans leur prise en charge et dans l'amélioration de leur santé grâce à l'émergence de la e-santé et de la télémédecine (Dunstan *et al.*, 2012 ; Haute Autorité de Santé, 2004). Ces derniers sont près de 60 % à attendre que leur médecin traitant leur propose des solutions numériques adaptées.

Dans le cadre de notre travail de thèse, nous nous intéressons uniquement aux interventions numériques NP14-1 (figure 5) : m-santé.

Des travaux ont montré les effets positifs des interventions m-santé sur des facteurs de risque de maladies cardiovasculaires tels que Text2Quit (Abroms LC *et al.*, 2014) pour l'arrêt du tabac, mDiet (Norman GJ *et al.*, 2013) pour la perte de poids et pour la consommation d'alcool (Leong DP *et al.*, 2017). Certaines études (Widmer RJ *et al.*, 2015) ont également examiné l'impact de cette évaluation sur les résultats pour la santé de la délivrance de conseils multiples pour le changement de comportement en prévention primaire, mais le succès a été limité. Une autre limitation dans la plupart des applications développées est le manque de personnalisation, soit pour la délivrance de recommandations, soit pour le choix de l'intervention adaptée (SMS, email, etc.) en fonction du profil du patient.

1.5 Problématique et objet de la recherche

Le contexte décrit précédemment nous a permis dans le cadre de notre recherche exploratoire de formaliser et de mettre en lumière les points suivants :

1-Quels services de santé connectés en e-santé sont les plus adaptés aux profils utilisateurs pour engendrer un changement de mode de vie dans le cadre d'une prévention personnalisée du risque cardio-vasculaire ?

Comme nous avons pu le dire précédemment, la e-santé se définit par l'utilisation de technologies de communication afin d'effectuer une auto surveillance auto quantifiée dans le

but de surveiller, transmettre des données sur l'état de santé, et de mieux gérer la maladie chronique ou réduire les facteurs de risque aggravants de cette dernière (Chow et al., 2015).

Le développement de nouveaux services de santé connectés intègre, aujourd'hui, des techniques de changement de comportement pour motiver l'utilisateur (Appelboom et al., 2014 ; Evenson et al., 2015 ; Wright et al., 2017). Parmi les méthodes utilisées, il existe par exemple la possibilité de suivre, de surveiller les différents comportements, et d'établir des objectifs personnels à atteindre accessibles et adaptés pour l'utilisateur. Il est également possible d'obtenir un retour sur ses propres comportements et de comparer ses réalisations personnelles avec les objectifs fixés. L'efficacité de ces techniques sur le changement de comportements a été démontrée dans de multiples études d'intervention (Lyons et al., 2014 ; Majumder et al., 2017 ; Mercer et al., 2016 ; Michie et al., 2009 ; Olander et al., 2013 ; Williams & French, 2011).

Les objets connectés de santé sont des outils à fort potentiel pour la modification du mode de vie des personnes. Et pour cause, ils induisent des changements positifs et favorisent l'adoption de comportements bénéfiques pour la santé. Par conséquent, les services de santé connectés adaptés aux profils utilisateurs peuvent constituer des leviers de changement du mode de vie dans le contexte d'une prévention personnalisée en e-santé. Néanmoins, les impacts ne sont pas homogènes et dépendent à la fois du profil de l'utilisateur et de son comportement. C'est pourquoi il est possible de distinguer parmi les utilisateurs des populations « d'adhérents » et de « non adhérents » en fonction de la solution e-santé envisagée. Par exemple, le potentiel de la messagerie instantanée par SMS et d'autres méthodes basées sur la téléphonie mobile pour impliquer les patients dans leurs propres soins de santé, a suscité un grand enthousiasme en raison de son coût relativement bas, de sa transportabilité et de l'utilisation généralisée de ces technologies (Bostrom et al., 2020 ; Milne-Ives et al., 2020). En effet, plus de 6 milliards de personnes dans le monde ont accès à des téléphones mobiles (Free et al., 2016). Des travaux montrent qu'en fournissant des rappels et en améliorant la communication et les interactions entre patients et les professionnels de santé, les interventions en matière de santé mobile bénéficient de manière significative aux patients atteints de maladies chroniques (Badawy et al., 2017 ; Chow et al., 2015 ; Free et al., 2016 ; Santo et al., 2018).

Les patients utilisent également des objets de santé connectés, tels que des balances connectées, et autres dispositifs médicaux, comme des tensiomètres connectés, pour surveiller leurs propres mesures, signes ou symptômes physiologiques ; pour mieux gérer leurs facteurs de risque de maladies cardio-vasculaires ; pour les aider à arrêter de fumer, à réduire leur consommation de sucre, ou à augmenter leur taux d'exercice. Il s'agit du marché florissant du *quantified-self* (Fagherazzi & Ravaud, 2018 ; Dagiral et al., 2019 ; World Health Organization, 2019). Les préférences, les contraintes et les caractéristiques du patient peuvent être prises en compte lors de la conception des solutions connectées et la délivrance des recommandations de prévention pour améliorer l'efficacité de la prévention. Par exemple diverses améliorations peuvent être mises en œuvre, telles que la reformulation des recommandations en fonction des groupes d'âge, sur la base des profils des utilisateurs ; ou l'intégration de suggestions alimentaires, de sports, de podcasts sur le thème de la santé, et de vidéos officielles de vulgarisation et de prévention.

2-Est-ce que les interventions numériques de santé peuvent aider à personnaliser la prévention des maladies cardio-vasculaires auprès des individus ?

L'hypothèse de départ de cette thèse est qu'une stratégie d'engagement à l'aide d'une Intervention Numérique de Santé (INS) est efficace pour soutenir un changement comportemental d'un sujet de manière durable. Cependant, cette dernière doit être sous-tendue par des objectifs spécifiques déterminés en fonction du contexte et des risques propres au sujet. Certains facteurs sont d'ordre clinique tandis que d'autres portent davantage sur le statut social. Par exemple, il est utile de proposer une liste de critères des INS pour un suivi efficace des maladies chroniques telles que le diabète et l'hypertension artérielle, afin de prévenir l'établissement de facteurs de risque d'accidents cardio-vasculaires.

Une application de santé mobile peut ainsi contribuer à la modification durable d'un comportement à risque pour la santé tel que l'abandon du tabac, ou d'autres facteurs dépendants du mode de vie de l'utilisateur. En effet, d'après la revue de littérature systématique effectuée par Badawy et al. en 2017 sur l'utilisation et l'efficacité de la télésanté ou d'autres formes d'e-santé dans le changement de comportement de santé, les applications sur smartphones sont largement accessibles indépendamment des barrières géographiques, et sont utilisées quotidiennement (Badawy et al., 2017).

Les services de santé connectés récents, appartenant à la classe des INM, suggèrent des techniques permettant de motiver les utilisateurs à revoir leurs comportements dans le contexte de la prévention des maladies chroniques, dont voici quelques exemples :

- *fixer des objectifs personnels tout en suivant et en surveillant différents comportements.*
- *recevoir des informations en retour sur son propre comportement.*
- *comparer les réalisations personnelles avec les objectifs établis.*

D'après diverses études, il apparaît que, parmi les INS, les dispositifs de santé connectés constituent des outils susceptibles de changer durablement le mode de vie des patients en promouvant l'adoption de comportements favorables à la santé en réponse à des recommandations grand public, de santé publique, dont le but est d'améliorer l'état de santé général de la population (Williams & French, 2011). Par exemple, en France, des recommandations sur la nutrition sont fournies par les différentes versions du Programme National de Nutrition et de Santé (PNNS). Cependant, les préférences, les contraintes et les caractéristiques des individus ne sont pas encore suffisamment prises en compte, ce qui entraîne de nombreux échecs au niveau individuel ainsi que le non-respect des recommandations (Majumder et al., 2017).

Selon la Haute Autorité de la Santé, le développement de la prescription de thérapies non médicamenteuses est conditionné par la production de données scientifiques sur l'efficacité comparative des stratégies médicamenteuses et non médicamenteuses, au sein de laboratoire de recherche et de structures d'observation de la pratique (Cortet & Bénichou, 2006). Les évaluations permettant de fournir cette preuve sont principalement des essais contrôlés randomisés, d'études interventionnelles bien construites, des revues systématiques, ou des méta-analyses.

Les actions traditionnelles de sensibilisation présentent et révèlent certaines limites en raison des supports d'information qu'elles emploient telles que les dépliants, posters, presses, radios, télévisions. Les outils numériques peuvent apporter de nouvelles solutions permettant d'impacter les comportements des utilisateurs, en les rendant acteurs de leur santé et en facilitant l'accès à leurs données personnelles. Les facteurs liés au mode de vie, considérés

comme facteurs de risques comportementaux modifiables, représentent les premières cibles pour toute politique de santé publique et de prévention des maladies chroniques. Par exemple, l'adaptation du mode de vie après un diagnostic de diabète de type 2 (par exemple, adapter son alimentation et son régime) permet de limiter considérablement la survenue de complications associées à cette pathologie comme les troubles cardio-vasculaires.

Face à ces questions, une démarche incrémentale de recherche et de développement est choisie. Il ne s'agit pas de réaliser une étude épidémiologique, un développement informatique, ou encore de créer de nouvelles connaissances, mais de partir des différents outils utilisés en épidémiologie et en informatique biomédicale afin de les utiliser, ou de les détourner, de manière efficace pour proposer un modèle du processus de sélection de interventions numériques de santé.

Notre sujet de recherche se situe dans le domaine de l'ingénierie des connaissances en informatique biomédicale. Dans ce travail, nous avons mis en place une méthodologie pour produire une liste d'INS prenant en compte le contexte de chaque utilisateur. Les différentes questions identifiées jusqu'ici ont servi de fil conducteur dans la conception de l'application mobile *Prevent Connect* pour le choix des interventions numériques de santé.

Notre positionnement dans le contexte d'une thèse CIFRE en partenariat avec une startup signataire de la chartre « engagé pour la e-santé » est situé dans la maison de la e-santé Figure 6 dans l'Espace Numérique de Santé (ENS) des services pour les citoyens (en haut à droite). Les agences gouvernementales et les prestataires de santé recherchent des moyens efficaces et efficaces de traiter les problèmes des maladies chroniques et d'influencer et changer les comportements dans le cadre de la prévention. Une feuille de route nationale du numérique portée par le Ministère des Solidarité et de la santé permet de mettre des référentiels socles sur trois axes l'éthique, la sécurité et l'interopérabilité.

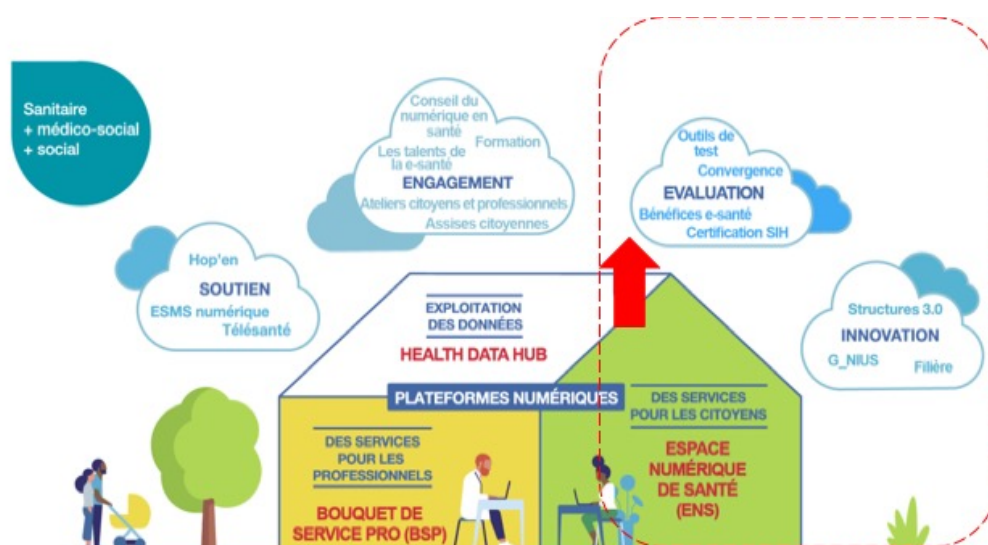


Figure 6 : La chartre « Engagé pour la E-Santé » 10 septembre 2020. « Cette charte « Engagé pour la e-santé » a été signée par 235 industriels. Ils s'engagent formellement dans cette feuille

de route ministérielle à mener à bien plusieurs chantiers numériques essentiels à la modernisation de notre système de soins et à l'amélioration de la prise en charge des personnes dans les secteurs sanitaires et médico-social »¹⁶.

Le soutien des industriels du secteur qui portent ces engagements est essentiel et s'engagent à :

- Développer des systèmes d'information, services et outils numériques conformes aux référentiels et services socles définis par le ministère.
- Attester de la conformité de ces outils.
- Collaborer avec les pouvoirs publics.
- Proposer des applications dans le futur espace numérique de santé.
- Accompagner leurs clients afin que le déploiement de ces outils se fasse dans le respect des principes éthiques, de sécurité et de protection des données personnelles.
- Communiquer largement sur leurs initiatives en e-santé.

L'objectif de cette thèse CIFRE est la conception d'une application mobile basée sur l'ingénierie des connaissances du domaine. La Figure 7 résume l'objet de la recherche *infra*.

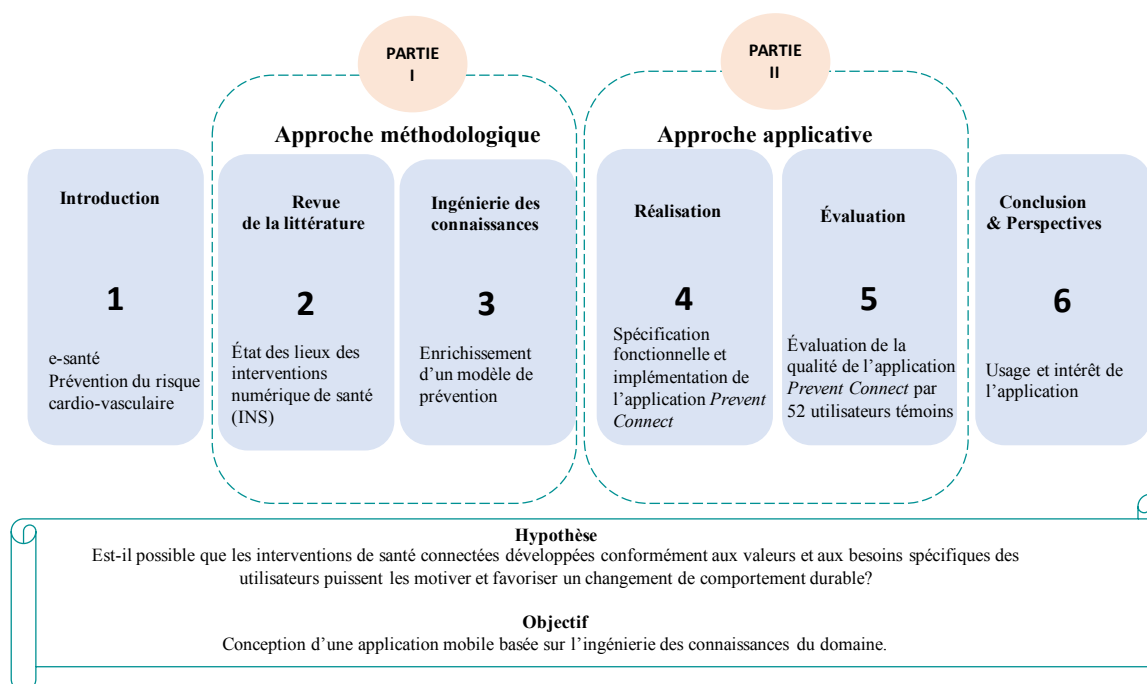


Figure 7: objet de la recherche

Maintenant que la question de recherche a été posée, nous allons décrire, comparer et analyser les diverses stratégies et outils dans un travail de revue de littérature. Ce travail sera indispensable pour l'exploitation d'outils préexistants et le développement de la méthode proposée dans le cadre de cette thèse CIFRE.

¹⁶https://esante.gouv.fr/sites/default/files/media_entity/documents/200915_Charte_industriels.pdf

Chapitre 2

L'influence des interventions connectées pour l'adhésion à la prévention du risque cardio-vasculaire

2.1 Objectif de la revue de la littérature

2.2 Méthode

2.2.1 Construction de la requête avec les ressources MeSH

2.2.2 Stratégie de recherche

2.3 Résultats

2.3.1 Bibliométrie

2.3.2 Facteurs de risque de maladie cardio-vasculaire

2.3.3 Intervention numérique de santé

2.3.4 Adhésion

2.4 Discussion

2.5 Conclusion du chapitre

Ce chapitre vise à fournir un état des lieux de l'influence des interventions numériques de santé (INS) pour l'adhésion à la prévention des facteurs de risque des maladies cardiovasculaires. Dans notre état des lieux, nous nous intéressons plus précisément aux tendances actuelles des INS en particulier pour améliorer leur adhésion.

Article publié

-Agher D, Sedki K, Tsopra R, Despres S, Jaulent MC. Influence of Connected Health Interventions for Adherence to Cardiovascular Disease Prevention: A Scoping Review. *Appl Clin Inform.* 2020 Aug;11(4):544-555. doi: 10.1055/s-0040-1715649. Epub 2020 Aug 19. PMID: 32814353; PMCID: PMC7438176.

Le premier article publié est une « *Scoping Reviews*¹⁷ », permettant de faire une synthèse des connaissances, à l'aide d'une approche systématique pour cartographier et identifier les principaux concepts, théories, sources et lacunes en matière de connaissances autour d'un domaine ciblé.

¹⁷ Tricco AC, Lillie E, Zarin W, et al. PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Ann Intern Med.* 2018;169(7):467. doi:10.7326/M18-0850

¹⁷ Munn Z, Peters MDJ, Stern C, Tufanaru C, McArthur A, Aromataris E. Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. *BMC Med Res Methodol.* 2018;18(1):143. doi:10.1186/s12874-018-0611-x

L'influence des interventions connectées pour l'adhésion à la prévention du risque cardio-vasculaire

Les applications devenant omniprésentes dans la vie quotidienne des gens, ces dernières deviennent particulièrement attrayantes dans le domaine de la santé publique et représentent une opportunité peu coûteuse de diffuser des informations sur la santé, améliorant éventuellement le rapport coût-efficacité des interventions de santé. En outre, elles peuvent promouvoir le soutien psycho-social, facilitant ainsi le changement de comportement en matière de santé. En particulier, les réseaux sociaux dont l'usage augmente justifient des recherches supplémentaires sur leur efficacité à influencer un changement de comportement à long terme en matière de santé (Laranjo et al., 2015).

L'utilisation de la m-santé a augmenté au fur et à mesure que ces applications devenaient plus populaires et omniprésentes. Ces INS ont un effet positif (Laranjo et al., 2015) sur le changement de comportement, ce qui encourage les recherches futures dans ce domaine. Davantage de travaux sont cependant nécessaires afin d'explorer les multiples aspects du comportement préventif, tels que la concordance de l'accord négocié entre le patient et le médecin ou un autre professionnel de la santé, des préférences, de la satisfaction et de la persistance (Badawy et al., 2017 ; Barbosa et al., 2012 ; Cortet & Bénichou, 2006). Parmi les recherches allant dans ce sens, nous pouvons noter les travaux récents de Ugon et al., 2018 sur la prévention personnalisée qui visent à développer une plateforme informatique rendant les approches préventives efficaces intégrant un système d'aide à la décision modulaire s'appuyant sur les connaissances dédiées aux décisions coopératives de prévention des maladies cardio-vasculaires. Par exemple, les études interventionnelles sur les maladies cardio-vasculaires partagent de nombreuses caractéristiques techniques et méthodes économiques dérivées de techniques de changement de comportement (Abraham & Michie, 2008 ; Michie et al., 2009).

L'adhésion est l'un des principaux défis de la m-santé. L'adhésion peut être définie comme la persistance dans le temps d'une utilisation correcte de l'outil ou de l'application de santé connectée. Il est utile d'identifier des leviers spécifiques, pour aider les patients à atteindre une autogestion efficace de leurs maladies chroniques. Par exemple, un levier peut leur permettre de surveiller leur diabète ou leur hypertension artérielle dans le temps, en vue de prévenir les facteurs de risque des maladies cardio-vasculaires. La recherche sur la conception de nouvelles technologies de santé numérique personnalisées, intégrant des données relatives au comportement et aux décisions, peut permettre d'exercer un effet de levier sur les comportements préventifs en matière de santé. L'utilisation de la santé mobile pour influencer l'adhésion aux mesures de prévention des maladies cardio-vasculaires pourrait être encore améliorée. À l'avenir, comme un nombre croissant de patients atteints de maladies chroniques deviennent des utilisateurs d'applications de santé connectées, la recherche sur ces applications devrait se concentrer de plus en plus sur l'autogestion des maladies chroniques. Les études futures pourraient également faciliter la comparaison des interventions grâce à l'élaboration de lignes directrices normalisées (Carbonnel & Ninot, 2019).

2.1 Objectif de la revue de la littérature

Nous avons procédé à un examen de la portée des interventions numériques de santé utilisées dans les études interventionnelles décrivant la manière dont ces leviers et leurs fonctions aident efficacement les patients, au fil du temps, à faire face aux facteurs de risque cardio-vasculaire dans leur propre environnement. L'objectif est d'acquérir des connaissances et de mettre en évidence les tendances actuelles dans ce domaine qui semble à première vue

assez productif et pourtant immature. Nous nous concentrons dans cette revue sur **les trois dimensions** qui expliquent cet objectif :

- 1) Quels sont parmi les facteurs de risque cardio-vasculaire bien connus, ceux qui, seuls ou en combinaison, sont traités efficacement par des interventions numériques de santé ?
- 2) Quel type d'intervention numérique de santé semble être plus mature, dans les études interventionnelles ?
- 3) Dans quelle mesure, l'adhésion à ces leviers dans le temps est-elle prise en compte dans ces études interventionnelles ?

2.2 Méthode

2.2.1 Construction de la requête avec les ressources MeSH

Nous avons utilisé un constructeur de requêtes bibliographiques médicales HeTOP (Health Terminology/Ontology Portal) pour construire des requêtes bibliographiques complexes en combinant des termes médicaux du MeSH (Medical Subject Headings). La stratégie de construction pour chaque requête a été revue par un documentaliste externe. Nous avons inclus les trois dimensions (**facteurs de risque cardio-vasculaire, interventions de santé connectées et adhésion**) dans cette requête dans Tableau 1 *infra* ([tw¹⁸] et [mh¹⁹]).

Construction de la requête avec les ressources MeSH
<p>N° 1 : Mobile-Santé</p> <p>[mhealth [tw] OU mobile health [tw] OU telehealth [tw] OU eHealth [tw] ET electronic health [tw] OU digital health [tw] OU mobile app*[tw] OU mobile phone*[tw] OU cell phone*[tw] ET cellular phone*[tw] OU smartphone*[tw] OU tablet*[tw] OU téléphone intelligent* [tw] OU iPhone* OU iPad* OU android* [tw] OU appel téléphonique* [tw] OU message court* [tw] OU sms [tw] OU message* [tw] OU mms [tw] OU message texte* [tw] OU télémédecine [mh] OU applications mobiles [mh] OU systèmes de rappel [mh]]</p>
<p>N° 2 : Maladies cardio-vasculaires</p> <p>[cardio-vasculaire [tw] OU cardiaque* [tw] OU cardiaque* [tw] OU coronaire* [tw] OU myocarde* [tw] OU angine* [tw] OU infarctus* [tw] OU ischémie* [tw] OU arythmie* [tw] OU hypertendu* [tw] OU hyperlipidémie* [tw] OU insuffisance cardiaque* [tw] OU AVC*[tw] OU maladie cérébrovasculaires*[tw] OU maladie artérielle périphérique*[tw] OU maladie vasculaire périphérique*[tw] OU maladie artérielle périphérique [tw] OU maladies cardio-vasculaires [mh] OU syndrome coronarien aigu [mh]]</p>
<p>N° 3 : Adhésion aux interventions non médicamenteuses et observance aux traitements</p> <p>[Adhésion *[tw] OU Adhésion aux médicaments [mh]]</p>

Tableau 1: Construction de la requête (Appl Clin Inform. 2020)

¹⁸ tw: text word

¹⁹ mh: medical subject heading terms

2.2.2 Stratégie de recherche

La stratégie de recherche employée lors de ce travail de revue consiste en une recherche systématique dans la littérature des cinq dernières années, couvrant septembre 2015 à février 2019 sur PubMed. Cette durée de 5 ans a été choisie en tenant compte du fait que les technologies des outils et méthodes du domaine de la e-santé sont récentes et deviennent rapidement obsolètes. Les données extraites sont rapportées dans BibReview, un logiciel bibliographique développé dans le cadre de la revue l'annuelle de l'informatique médicale *YearBook* (Lamy et al., 2015). La Figure 8 présente une capture d'écran de l'interface utilisateur de BibReview à partir de notre recherche initiale qui donne 98 articles ciblés dans PubMed. L'encadrement en rouge indique les possibilités de filtrage et l'identification du type d'article dans notre liste d'article extraites de Pubmed.

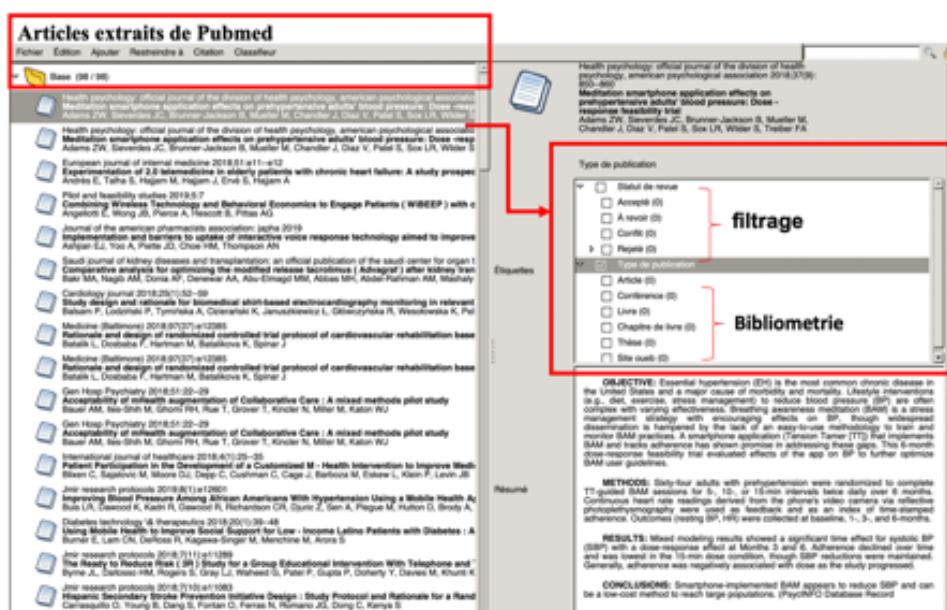


Figure 8: Capture d'écran de l'interface utilisateur de BibReview²⁰ (Appl Clin Inform. 2020)

2.3 Résultats de la revue de la littérature

Cette section illustre les différentes situations ou contextes identifiés pour les trois dimensions étudiées.

2.3.1 Bibliométrie

Nous avons procédé au traitement de l'inclusion des articles sur la base de la stratégie décrite *supra*, en suivant les différentes étapes présentées dans la Figure 9 le logigramme fournit une description détaillée du processus de sélection et des raisons de l'exclusion des articles :

- 1) **Filtrage des doublons : 20 articles** sont dupliqués, nous n'avons conservé qu'un exemplaire de chacun d'entre eux.
- 2) **Filtrage : 78 articles** ont été filtrés en fonction de leur titre et de leur résumé. Les articles ont été exclus s'ils ne mentionnaient pas d'interventions numériques de santé (n° 1) et s'ils ne portaient pas sur le contexte des maladies cardio-vasculaires (n° 2).

²⁰ <https://pypi.org/project/BibReview/>

- 3) **Éligibilité** : **49 articles** étaient éligibles. Lorsqu'il n'était pas possible de décider si une étude devait être incluse ou exclue sur la seule base du titre et du résumé, le texte intégral a été récupéré et examiné par au moins deux personnes. En cas de désaccord entre les lecteurs, une décision était prise après discussion entre les lecteurs.
- 4) **Inclusion** : **24 articles** ont été inclus. Les articles ciblaient les patients ou les utilisateurs de services de santé, sur les facteurs de risque de maladies cardio-vasculaires, et avaient un résultat lié au comportement positif ou présumé en être une conséquence.

Le logigramme présenté en Figure 9 décrit le processus de sélection et les motifs d'exclusion.

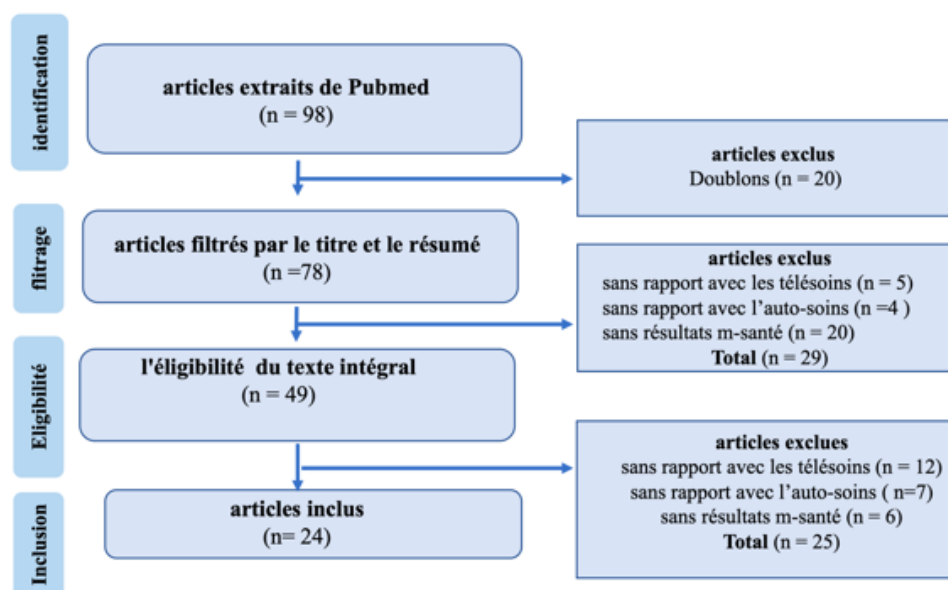


Figure 9 : Logigramme²¹ des articles inclus (*Appl Clin Inform.* 2020)

Le résultat de ce processus fournit 24 articles correspondant à la requête. Ils sont identifiés par une lettre de A à X et la liste de référence se trouve dans le Tableau 2 et l'annexe A Tableau A1. Les caractéristiques extraites des 24 articles sont présentés à l'annexe A dans les tableaux A2 et A3 et dans le tableau A4.

Auteurs — année	Figures [lettre]	Objectifs
(Blixen et al., 2018)	A	Obtenir des informations de patients atteints à la fois de dépression et d'hypertension (HTN) <i>via</i> une intervention m-Health pour améliorer l'adhérence.
(Buis et al., 2019)	B	Tester l'efficacité de MI-BP, une application mHealth pour l'autogestion de HTN, sur le contrôle de la pression artérielle (objectif principal), l'activité physique, la consommation de sodium, et l'observance thérapeutique (objectif secondaire) chez les Afro-Américains atteints de HTN.
(Bumer et al., 2018)	C	Mener un essai de faisabilité contrôlé randomisé chez des patients des services d'urgence présentant le diabète pour déterminer la faisabilité du recrutement des patients et des supporters, l'acceptabilité de l'intervention d'une future étude.
(Byrne et al., 2018)	D	Détailler la conception et la raison d'être du développement de l'intervention des The Ready to Reduce Risk (3R) Study 3R et les méthodes de l'étude utilisées.
(Carrasquillo et al., 2018)	E	Évaluer l'efficacité d'une intervention par des messages chez les Latino-Américains patients en prévention des accidents vasculaires cérébraux.
(Cottrell et al., 2018)	F	Identifier les obstacles actuels à accéder aux services de santé et déterminer si la télésanté est un mode de prestation de soins de santé acceptable, du point de vue des patients souffrant de maladies chroniques.
(Forsyth et al., 2019)	G	Explorer les obstacles à l'adhésion aux médicaments chez les patients insuffisants cardiaques écossais afin d'informer le développement d'interventions complexes.
(Fortuna et al., 2018)	H	Évaluer la possession, l'utilisation et la volonté d'utiliser un smartphone, smartphones pour fournir des services fournis par les pairs spécialistes certifiés.
(Gonzalez et al., 2019)	I	Évaluer l'efficacité d'une application Web conçue pour aider les personnes à respecter les conseils en matière de mode de vie et médicaments en complément des programmes traditionnels

²¹ <http://prisma-statement.org/PRISMAStatement/FlowDiagram>

		de réadaptation cardiaque pour l'amélioration des facteurs de risque et des résultats cliniques dans patients atteints d'Infarctus de myocarde comparés aux soins habituels.
(Griffin & Kehoe, 2018)	J	Connaître l'opinion des personnes atteintes de sclérose en plaques (MS) sur la faisabilité et l'acceptabilité perçue de l'utilisation du smartphone à des fins de soins de santé.
(Holender et al., 2018)	K	Soulever un certain nombre de préoccupations et d'obstacles pratiques à prendre en compte pour que les technologies soient acceptées et adoptées de patients > 65 ans.
(Angellotti et al., 2019)	L	Évaluer la faisabilité et l'acceptabilité de l'application simultanée de la surveillance de la pression artérielle à domicile sans fil et les SMS (comme exemple de « nudging ») ciblant la pharmacothérapie et habitude de vie des patients atteints de maladie cardiometabolique (diabète de type 2 et/ou hypertension).
(Korpershoek et al., 2018)	M	Explorer les perceptions des patients atteint de MPOC et de leurs prestataires de soins de santé en ce qui concerne m-Health pour l'autogestion des exacerbations.
(Orchard et al., 2019)	N	Évaluer les stratégies de prévention de la fibrillation auriculaire (FA) en utilisant un logiciel d'aide à la décision électronique (EDS) pour le dépistage.
(Recio-Rodríguez et al., 2019, p.)	O	Évaluer l'efficacité de la combinaison de l'utilisation de la technologie smartphone pendant 3 mois avec un bref conseil sur les habitudes de vie, par opposition à fournir des conseils uniquement pour augmenter l'activité physique et améliorer l'adhésion au régime méditerranéen. Évaluer l'effet de l'intervention sur la qualité de vie et la performance cognitive.
(Santo et al., 2018)	P	Évaluer les effets de l'intervention sur les recommandations diététique Évaluer la cohérence des effets entre les sous-groupes Évaluer si le respect des recommandations de la diététique sur amélioration des résultats cliniques.
(Scott et al., 2018)	Q	Examiner les effets, la qualité et l'utilité des applications mobiles dans l'autogestion des maladies chroniques.
(Tang et al., 2018)	R	Déterminer l'effet des applications de messagerie mobile sur la maladie coronarienne connaissance et adhésion du patient à un mode de vie sain.
(Tran et al., 2018)	S	Évaluer les tentatives d'arrêt chez les fumeurs, leur préférence et leur volonté avec des applications mobiles.
(Woringer et al., 2019)	T	Évaluer l'efficacité de l'application Web. (Application Web CarePlan développée par l'American Heart Association visant à améliorer le mode de vie et l'observance du traitement les patients ont prescrit des médicaments hypocholestérolémiants).
(Zullig et al., 2018)	U	Adapter une intervention de réduction des risques de télésanté fondée sur des données probantes.
(Wong et al., 2018)	V	Évaluer l'intervention éducative interactive en santé à domicile pour les adultes d'âge moyen afin d'améliorer l'exercice total, le taux d'adhésion, l'efficacité de l'exercice et les résultats : un essai contrôlé randomisé.
(Salvi et al., 2018)	W	Développer un système de santé mobile conçu pour motiver les patients à adhérer à leur programme de réadaptation en fournissant un suivi de l'exercice, des conseils, un retour de motivation et contenu éducatif.
(Gordon & Hornbrook, 2018)	X	Examiner l'accès aux technologies numériques, aux compétences et à l'expérience, ainsi que les préférences en matière d'utilisation.

Tableau 2: Objectifs des 24 articles inclus (Appl Clin Inform. 2020)

La comparaison des travaux sélectionnés a été effectuée avec une grille de lecture adaptée de la grille de lecture de Laranjo (Laranjo et al., 2015). Cette dernière contient des variables : étude, année auteur, facteurs de risque, intervention de santé connectée, recrutement (nombre total et origine ethnique, sociale ou éducation de la population), durée de l'étude, adhésion, catégories de fonctions comme dans la première méta-analyse sur l'influence des sites de réseau social sur les comportements de santé.

Dans la suite nous détaillons les résultats pour les trois variables correspondant aux critères d'inclusion dans la revue : 1) facteurs de risque de maladie cardio-vasculaire ; 2) interventions numériques de santé ; 3) adhésion.

2.3.2 Facteurs de risque de maladie cardio-vasculaire

Les facteurs de risques seront définis dans une liste de facteurs de risques de risque cliniques et comportementaux déterminée sur la base des travaux de Meneton et al. (2017). Ces travaux proposent un modèle de prédiction des maladies cardio-vasculaires ayant comme intérêt majeur d'identifier et de distinguer différents types de variables pour les facteurs de risque de type :

variables non modifiables, variables comportementales, variables cliniques ainsi que leurs interactions (Meneton et al., 2017).

La plupart des participants des 24 études incluses étaient des adultes. Des variables non modifiables étaient toujours présentes et intégrées dans l'analyse des études de manière distincte par un codage spécifique à ces dernières. Par exemple, en ce qui concerne l'âge, bien que ce soit la plupart du temps jeune ou vieux, certaines études se concentrent sur des populations spécifiques, d'âge moyen 65 ans comme dans Holender et al. (2018) ou seulement jeunes comme dans Tran et al. (2018) (Holender et al., 2018 ; Tran et al., 2018). Parfois, les différentes populations sont délimitées selon leurs différentes origines, comme l'origine sociale (par exemple, leur niveau d'éducation dans Buis et al. (2019)), ou encore l'origine ethnique (par exemple, les Afro-Américains, les Vietnamiens dans Tran et al. (2018) (Buis et al., 2019 ; Tran et al., 2018)).

Dans notre revue, seules seront considérées les facteurs de risque suivant : hypertension, dyslipidémie, diabète de type 2, obésité, troubles du sommeil, stress, dépression, consommation d'alcool, tabagisme, alimentation déséquilibrée et sédentarité.

La Figure 10 présente les résultats de la distribution des facteurs de risque pris en compte dans les différents articles. Par exemple, les articles de Byrne et al. (2018) et de Gonzalez et al. (2019) examinent des facteurs de risque cliniques, et des variables comportementales comme l'alimentation, l'activité physique (Byrne et al., 2018 ; Gonzalez et al., 2019). Ces travaux montrent que certaines solutions de santé connectées sont intéressantes pour la gestion non invasive et l'autogestion des maladies chroniques. Dans les études reportées, les données collectées étaient transmises par téléphone (communication au clavier) ou Internet (téléphone mobile ou tablette).

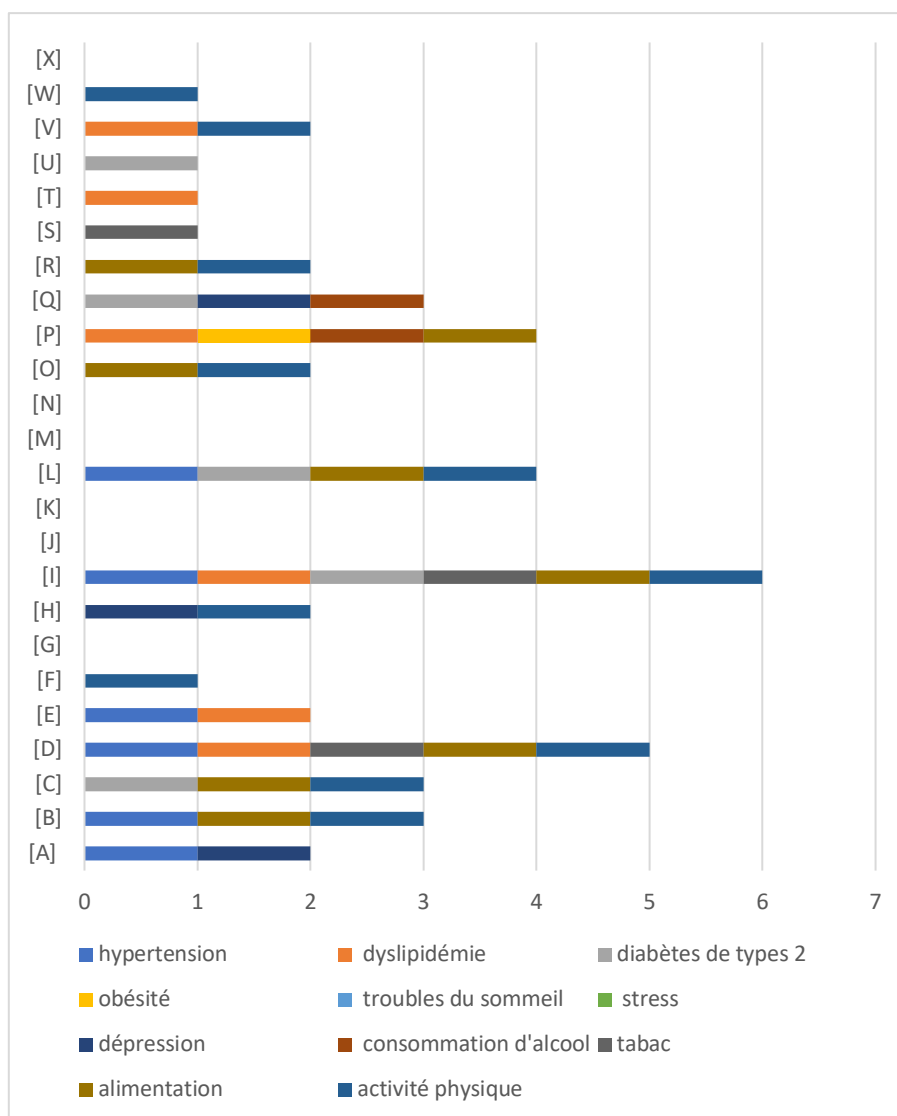


Figure 10: Facteurs de risque mentionnés dans les articles sélectionnés (Appl Clin Inform. 2020)

Onze articles traitent d'un ou deux facteurs de risque à l'exception de ceux qui en considèrent quatre ou plus sur la Figure 10 [D] [I] [L] [P].

Parmi les articles sélectionnés pour ce travail de revue, 5 ne sont pas axés directement sur les facteurs de risque cardio-vasculaire (Angellotti et al., 2019 ; Gordon & Hornbrook, 2018 ; Griffin & Kehoe, 2018 ; Holender et al., 2018 ; Korpershoek et al., 2018 ; Orchard et al., 2019). Le facteur de risque « dyslipidémie » est présent dans 6 articles (Byrne et al., 2018 ; Carrasquillo et al., 2018 ; Gonzalez et al., 2019 ; Santo et al., 2018 ; Wong et al., 2018 ; Woringer et al., 2019). Nous avons également observé que les facteurs de risque tels que le « stress » et les « troubles du sommeil » ne sont pas pris en compte avec des interventions numériques de santé. Le facteur de risque hypertension est fréquemment mentionné. L'activité physique est utilisée pour agir contre la sédentarité.

2.3.3 Intervention numérique de santé

L'intervention numérique de santé peut être définie comme un levier composé d'outils tels que les services de messages courts (SMS), l'enquête, le groupe de discussion (*focus group*), l'application santé pour smartphone, des solutions combinant plusieurs m-santé sont possibles.

Ces leviers sont de puissants potentiels pour transmettre des recommandations ou pour influencer un changement durable de style de vie au fil du temps.

La Figure 11 montre les résultats des différentes interventions numériques de santé prises en compte dans les articles sélectionnés. Par exemple, dans Tang et al. (2018), les auteurs déterminent l'effet des applications de messagerie mobile sur la connaissance des maladies coronariennes (Tang et al., 2018). Les auteurs concluent que « *WhatsApp* » est un moyen efficace d'agir en matière de santé, en augmentant les connaissances des patients atteints de maladie coronarienne et en envoyant des messages courts encourageants à adopter un mode de vie sain.

Les travaux de Angellotti et al. (2019) ont évalué la faisabilité et l'acceptabilité de l'application avec un tensiomètre à domicile, permettant de cibler la pharmacothérapie et les habitudes de vie des patients atteints de risques cardio-métaboliques²² comme le diabète de type 2 et/ou hypertension (Angellotti et al., 2019). Selon les patients atteints d'une maladie cardio-métabolique, la combinaison de messages texte ciblés sur le mode de vie était faisable et acceptable, les messages texte étaient faciles à comprendre pour 88 % des sujets et avec une fréquence convenable pour 71 % des sujets, et une langue appropriée pour 88 % des sujets.

Treize articles considérés dans ce travail de revue ont utilisé l'application de santé pour smartphones : « à connecter » (Angellotti et al., 2019; Blixen et al., 2018 ; Buis et al., 2019 ; Burner et al., 2018 ; Byrne et al., 2018 ; Carrasquillo et al., 2018; Fortuna et al., 2018 ; Gonzalez et al., 2019 ; Korpershoek et al., 2018; Recio-Rodríguez et al., 2019; Scott et al., 2018 ; Tang et al., 2018 ; Tran et al., 2018 ; Woringer et al., 2019).

Des « Groupe de discussion (à faire) » et « Éducation (à lire) » ont été utilisés conjointement (Byrne et al., 2018 ; Carrasquillo et al., 2018 ; Cottrell et al., 2018 ; Forsyth et al., 2019). L'article de Byrne et al. (2018) présente la mise en place simultanée d'interventions *Nudge-SMS*²³ (à faire-à lire), de l'utilisation de l'application « à connecter » et d'un groupe de discussion (à faire) (Byrne et al., 2018). Le levier utilisé lors de leur étude combine un groupe d'intervention réparti sur 2 séances de *focus Group*, avec une application de messagerie SMS et des techniques reconnues de changement de comportement (*Coaching*).

²² voir glossaire

²³ rappel d'agenda, notifications

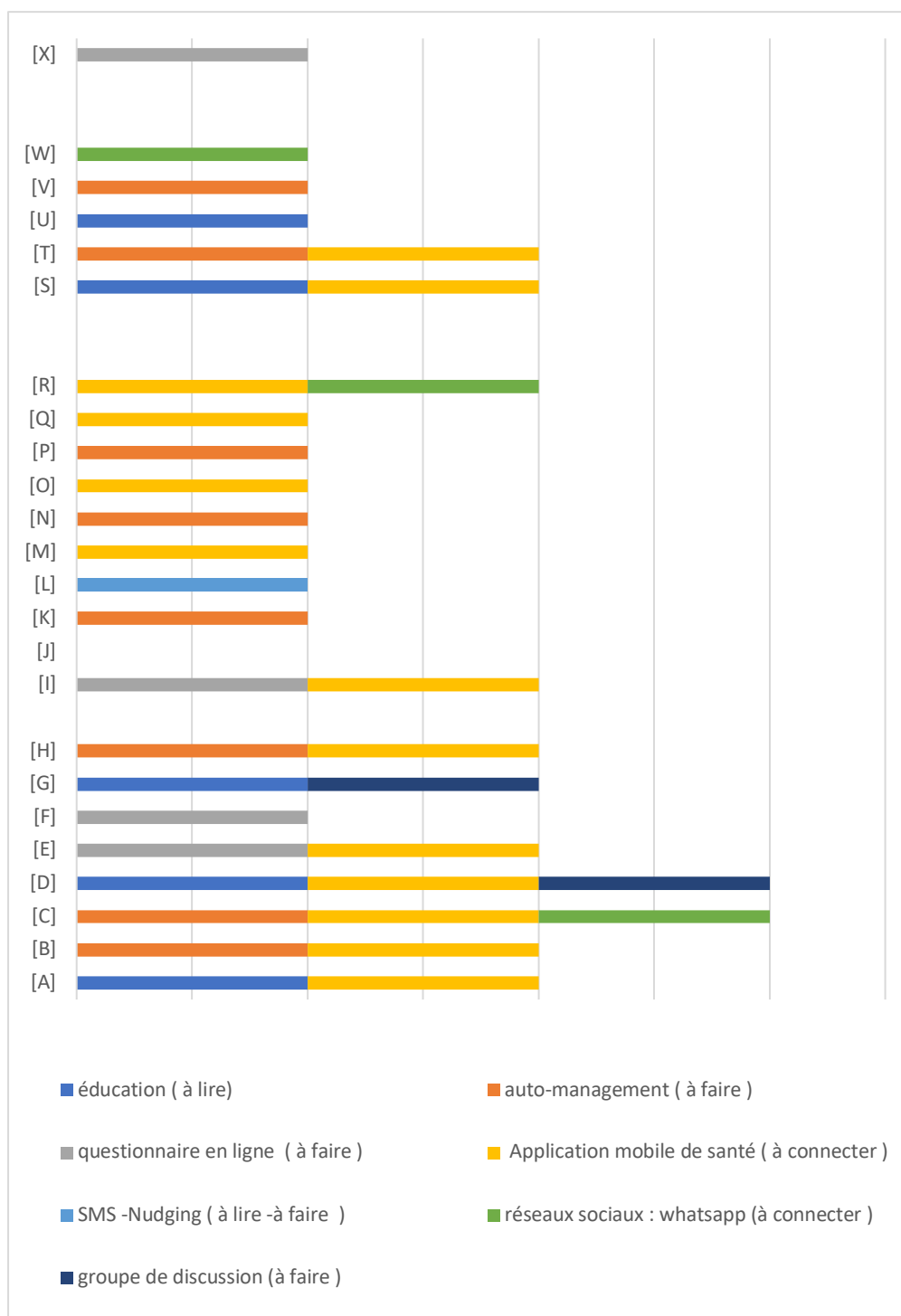


Figure 11: Interventions numériques de Santé utilisées dans les articles sélectionnés (Appl Clin Inform. 2020)

2.3.4 Adhésion

L'adhésion comme mentionné *supra*, peut être définie comme la persistance dans le temps d'une utilisation correcte de l'intervention. L'intervention est un levier qui a pour fonction de cibler un facteur de risque et qui combine une fonction « motivationnelle ». Plusieurs critères peuvent être utilisés pour évaluer l'adhésion : perception du patient, acceptabilité de la

technologie et du service, fiabilité des technologies de l'information et de la communication, motivation du patient, réseau social, facilité d'utilisation et de mise en œuvre au quotidien. Pour l'adhésion, en l'absence d'échelle de référence, nous avons opté pour une grille de lecture inspirée des travaux de Byrne. Dans l'article de Byrne et al. (2018) les auteurs utilisent un questionnaire de référence développé par Morisky (Byrne et al., 2018). L'échelle d'observance au médicament, la MMAS-8²⁴ est une échelle développée par Morisky et al. L'échelle est un auto-questionnaire composé de huit items²⁵ pour la version la plus récente permettant d'évaluer l'observance des sujets à un traitement. Selon cette échelle, l'observance aux médicaments peut être considérée comme bonne pour les personnes obtenant un score égal ou supérieur à 8, moyenne pour celles obtenant un score de 6 ou 7, et faible pour les personnes obtenant un score inférieur à 6.

Nous présentons les résultats relatifs à l'adhésion dans les articles dans la Figure 12. Treize des articles mentionnent des résultats positifs dans le groupe « Adhésion > 50 % » (ligne bleue) avec les résultats de l'évaluation. Concernant le groupe « adhésion moyenne » (ligne orange), six articles ne parviennent pas à évaluer l'adhésion (Blixen et al., 2018 ; Forsyth et al., 2019 ; Griffin & Kehoe, 2018 ; Recio-Rodríguez et al., 2019 ; Santo et al., 2018 ; Scott et al., 2018). Concernant le groupe « Adhésion non connue » (ligne grise), cinq articles ne mentionnent pas l'adhésion, et n'évaluent pas leur approche (Carrasquillo et al., 2018 ; Fortuna et al., 2018 ; Gonzalez et al., 2019 ; Tang et al., 2018 ; Tran et al., 2018).



Figure 12: Adhésion évaluées dans les articles sélectionnés (Appl Clin Inform. 2020)

²⁴ Morisky Medication Adherence Scale MMAS-8

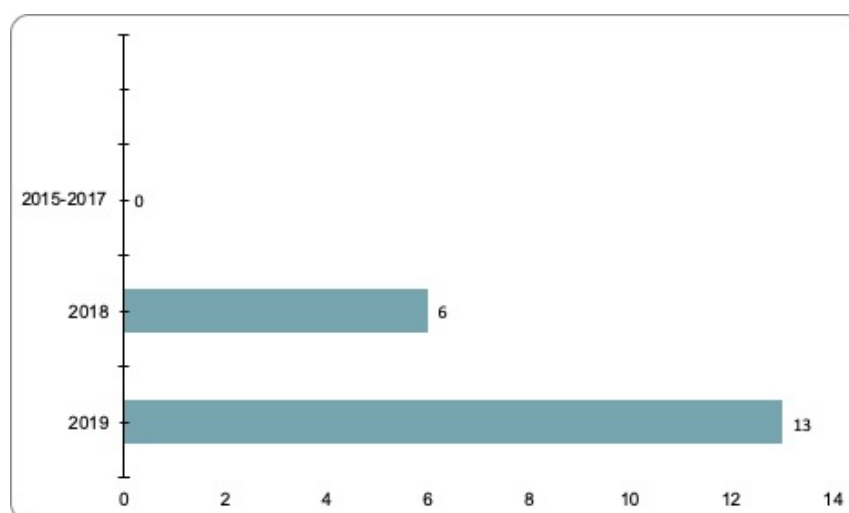
²⁵ Oliveira-Filho AD, Morisky DE, Neves SJ, Costa FA, de Lyra DP Jr. The 8-item Morisky Medication Adherence Scale: validation of a Brazilian-Portuguese version in hypertensive adults. Res Social Adm Pharm. 2014 May-Jun;10(3):554-61. doi: 10.1016/j.sapharm.2013.10.006. Epub 2013 Oct 26. PMID: 24268603

2.3.5 Répartition des résultats

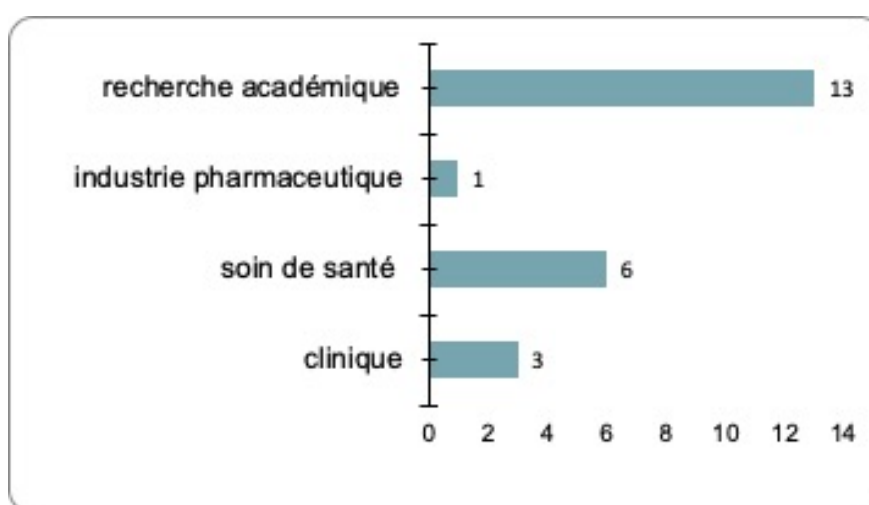
Dans cette section, nous présentons une analyse synthétique des résultats obtenus suite à l'analyse de la répartition des articles, puis celles des interventions numériques de santé et enfin celle de l'adhésion.

1) Répartition des articles

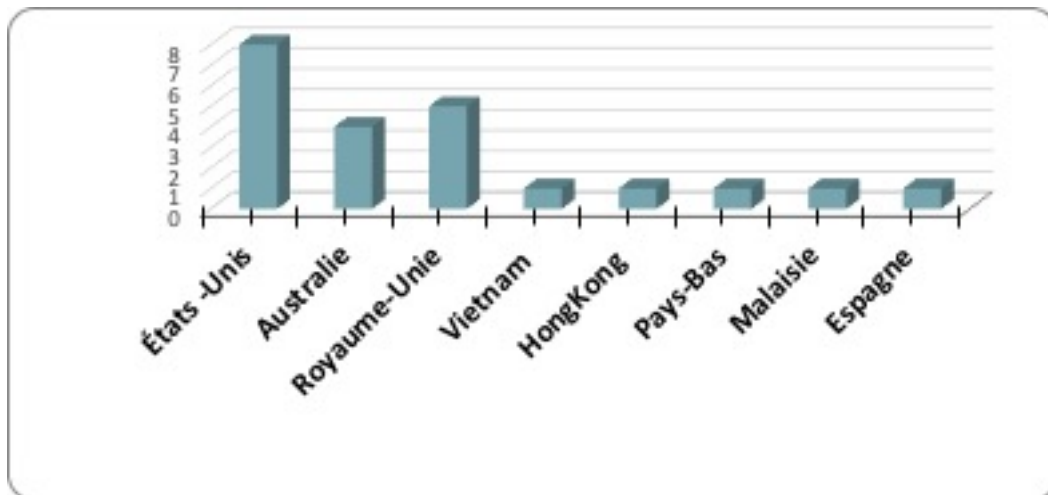
Les 24 publications incluses dans cette revue ont été publiées en 2018 ou 2019, confirmant qu'il s'agit d'un sujet de recherche récent (Figure 13a). La Figure 13b montre le nombre d'articles par catégorie d'auteurs, par exemple 14 sur 24 sont des articles universitaires ou de recherche. Les premiers auteurs étaient principalement affiliés aux États-Unis (8/24, 33,3 %), au Royaume-Uni (5/24, 20,83 %) et en Australie (4/24, 16,6 %) ; voir Figure 13c).



a) Distribution des articles sélectionnés par année



b) Distribution des articles sélectionnée par catégorie d'organisations d'auteurs



c) Distribution des pays des premiers auteurs des articles sélectionnés

Figure 13: Répartition des articles a-b-c (Appl Clin Inform. 2020)

2) Répartition des interventions connectées

La Figure 14 représente la répartition des interventions connectées. Ces interventions comprennent les réseaux sociaux (à connecter) (8 %), les applications d'autogestion (à faire-à connecter) (29 %), les applications mobiles (à connecter) (17 %), l'enquête (à faire) (17 %), *nudge-sms* (à faire - à lire) (4 %) et éducation (à lire) (25 %) pour différents domaines comme la qualité de vie, l'état de santé et les activités de la vie quotidienne.

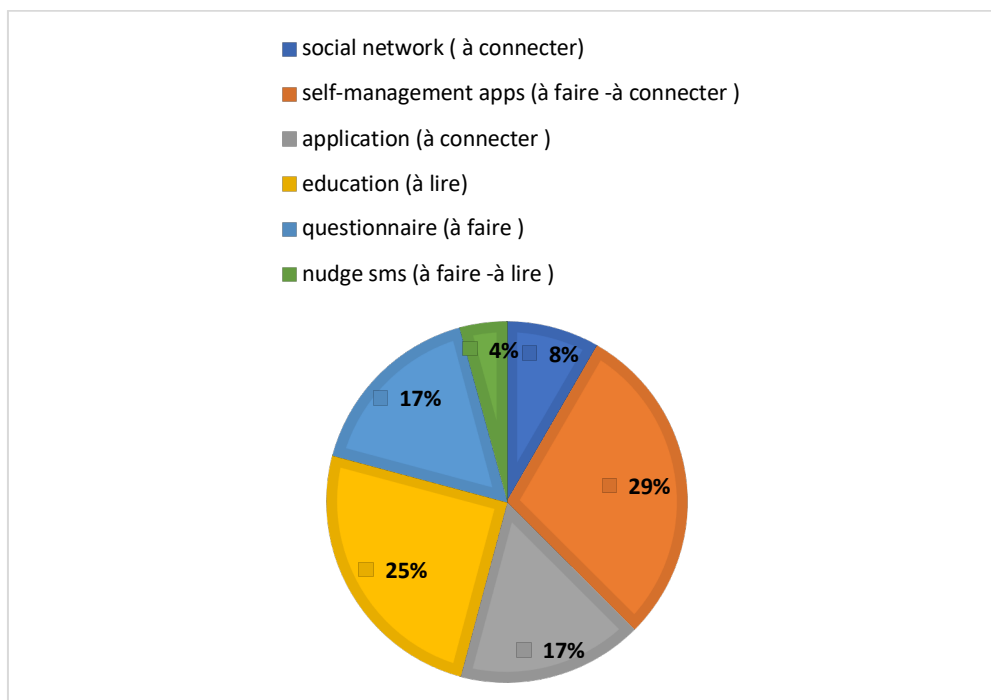


Figure 14: Répartition des interventions connectées dans les articles sélectionnés (Appl Clin Inform. 2020)

La concentration et la description de l'adhésion étaient plus importantes dans les types d'interventions « à faire — à connecter » inclus que dans les types « à faire — à lire ».

- à faire-à lire : comme un rappel de soutien par SMS (4 %)
- à faire-à connecter : comme une application d'autogestion (29 %)

Les résultats indiquent que l'utilisation de l'autogestion (à faire) est associée à une intervention connectée (à connecter) (29 %).

3) Répartition de l'adhésion

L'utilisation de « nudge sms » (4 %) ou un réseau social (8 %) comme « *WhatsApp* » a révélé que l'orientation motivationnelle (axée sur la prévention) est un facteur prédictif de changement de comportement lors de l'arrêt du tabagisme, et que le recours de messages motivants aux personnes est préférable aux messages informatifs, ou normatifs, en terme de changement de comportement (Scott et al., 2018). L'adhésion a été définie et mesurée de différentes manières dans les deux types d'interventions, notamment par l'adhésion au comportement, la conformité au programme, l'utilisation de la technologie ou la conformité à certaines fonctionnalités comme l'auto-surveillance. Les méthodes d'évaluation employées afin de mesurer l'adhésion ne visaient pas à évaluer l'utilisation réelle de la technologie, mais uniquement l'utilisation de certaines fonctionnalités de cette dernière. Les résultats montrent que l'adhésion et l'utilisation de techniques d'auto-surveillance sont associées pour 14,6 % des sujets. Les résultats liés à la distribution de l'adhésion peuvent fournir une entrée intéressante pour le développement de nouvelles stratégies de m-santé. Cependant, il est encore difficile de comparer les résultats entre les interventions en raison de la diversité des plans et méthodes d'étude et des rapports.

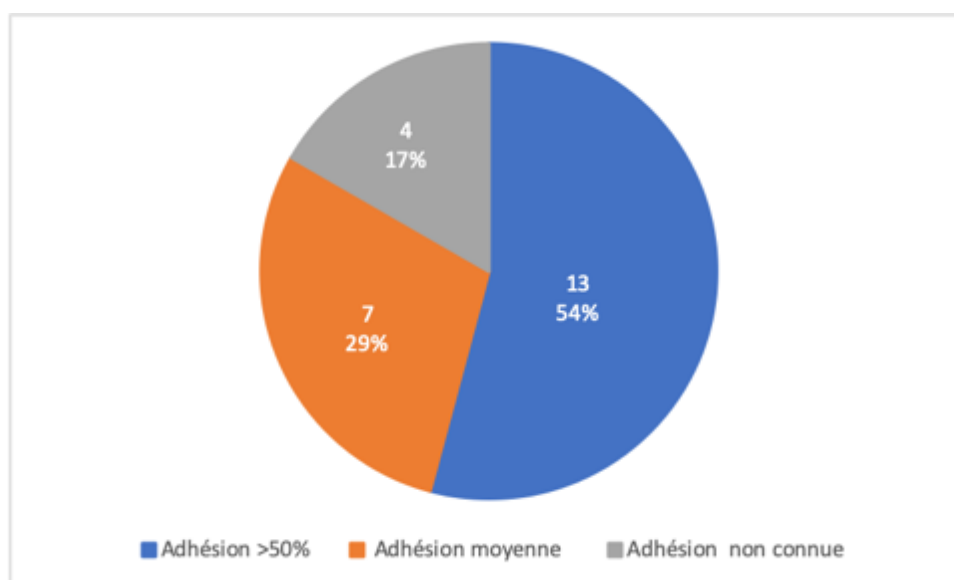


Figure 15: Répartition de l'adhésion (Appl Clin Inform. 2020)

La Figure 15 représente la répartition des interventions de santé connectées avec un niveau d'adhésion > 50 %, en 13 articles, avec un niveau moyen dans 7 articles et 4 articles avec un niveau non connu (Annexe A Tableau A2 caractéristiques de l'étude détaillée).

2.3.6 Processus d'association des tendances dans le domaine

Dans ce qui suit, nous donnons quelques éléments influençant l'utilisation des interventions numériques de santé pour la prévention des facteurs de risque des maladies cardio-vasculaires. Pour définir ces éléments, nous avons utilisé une annotation en deux étapes :

- une analyse qualitative, afin de construire des catégories décrivant le contenu des articles de différentes dimensions (Braun & Clarke, 2006).
- une lecture approfondie d'un échantillon de 6 articles pris au hasard et annotés à l'aide de cet ensemble de catégories.

À partir de ce processus d'annotation, nous avons défini des catégories avec leurs propres valeurs possibles pour décider des tendances finales. Nous avons ainsi extrait 10 tendances de 6 articles et les avons classées en variables identifiées par une marque de couleur si ces dernières étaient remplies (Angellotti et al., 2019 ; Buis et al., 2019 ; Byrne et al., 2018 ; Holender et al., 2018 ; Tang et al., 2018 ; Tran et al., 2018) (cf. Annexe A3 caractéristique de l'étude). L'accent est mis ici sur la description des leviers de e-santé dans la prévention des risques cardio-vasculaires. Cet examen a permis d'identifier des caractéristiques permettant de stimuler à la fois l'influence et l'adhésion des sujets lors d'interventions de santé connectées conçues pour soutenir la prévention cardio-vasculaire.

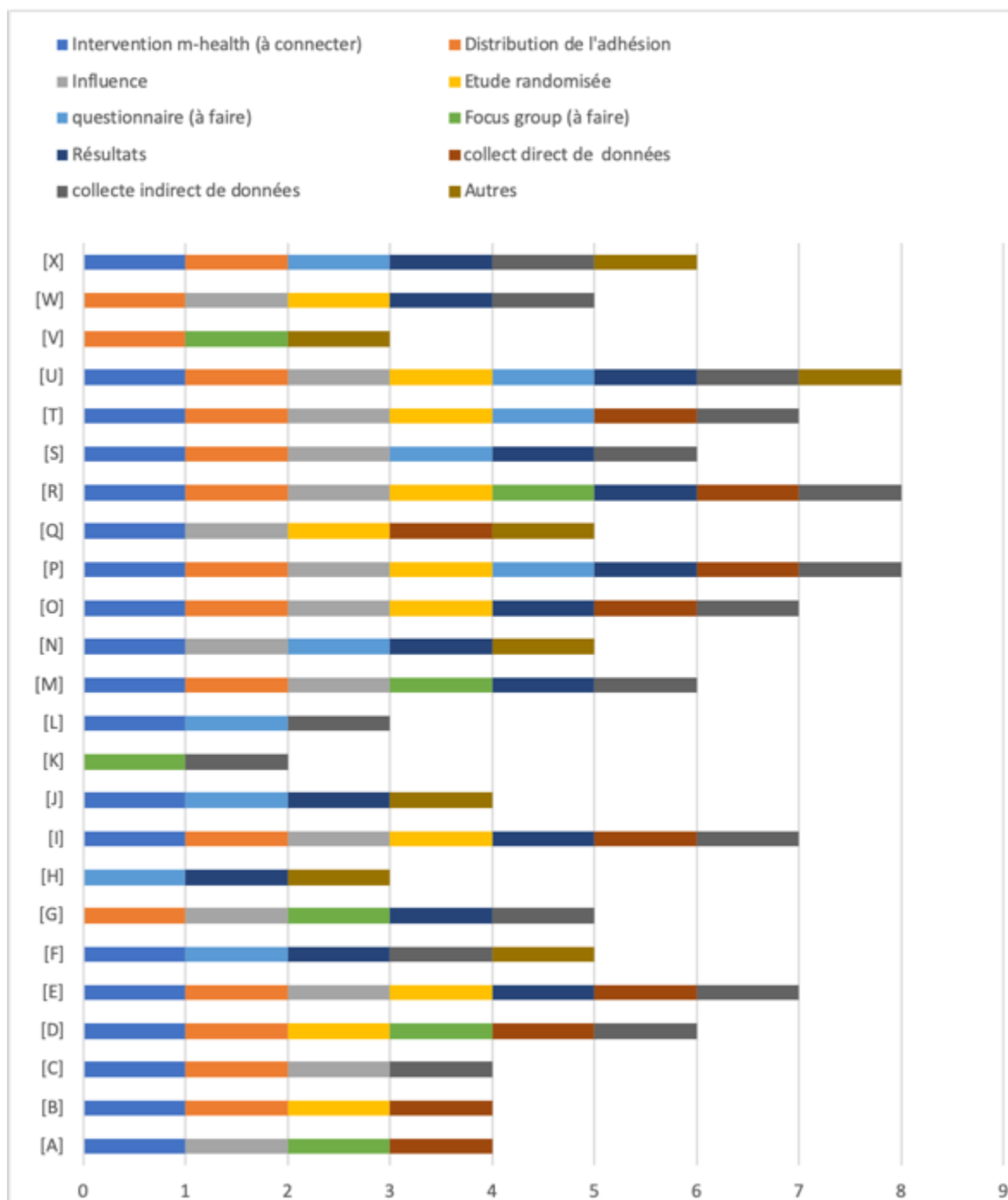


Figure 16: Caractéristiques des tendances des interventions de santé connectées (Appl Clin Inform. 2020)

Dans la Figure 16 *supra* sont identifiées les 10 tendances suivantes : intervention m-santé (à connecter), distribution de l'adhésion, influence, étude randomisée, questionnaire (à faire), groupe de discussion de type *focus group* (à faire), résultats, collecte directe de données, collecte indirecte de données, et autres. La plupart des études couvraient en moyenne 5 tendances principales, mais aucune ne les couvrait toutes. Dans certaines études, lorsque la prévention visait à étudier le changement de comportement des sujets, il a pu être montré que la réduction des facteurs de risque, et l'encadrement par messages à orientation motivationnelle des sujets sont préférables aux messages d'information et de prescription en terme de changement de comportement (Santo et al., 2018 ; Tang et al., 2018 ; Zullig et al., 2018).

2.4 Discussion

Les résultats de cet état des lieux doivent être interprétés tout en considérant certaines limitations. Le nombre réduit d'études incluses reflète la rareté actuelle des expériences dans ce domaine émergent et en évolution constante. Ce manque d'études a rendu difficile la réalisation d'analyses par domaines de santé, types d'intervention et résultats. Les variables socioprofessionnelles n'étaient généralement pas prises en compte lors des différentes études sélectionnées. Les variables associées n'ont pas été utilisées à la même fréquence et sur la même population. L'évaluation ergonomique, la perception de l'utilisateur et les caractéristiques techniques des outils de santé numériques sont par conséquent les éléments clés à prendre en compte pour obtenir de meilleurs résultats en matière d'adhésion à un programme de prévention. Enfin, l'hétérogénéité des conceptions et le manque de résultats à long terme des articles inclus limitent la comparaison des interventions et l'impact possible des techniques et des résultats rapportés, ce qui est à l'origine de certains biais d'interprétation, et de confirmations.

Néanmoins, cette revue de littérature présente plusieurs points forts. Premièrement, nous avons suivi un protocole rigoureux et prédéfini. Deuxièmement, nous avons effectué une recherche approfondie dans la littérature avec l'aide d'un documentaliste universitaire afin de nous assurer de la rigueur et de l'objectivité de notre méthode. La plupart des études couvraient une moyenne de 5 tendances de manière éparse sans qu'aucune les couvre toutes. Dans toutes les études qui évaluaient des interventions de santé connectées et leur acceptation par les utilisateurs, toutes les applications semblaient être acceptées et faciles à utiliser par les sujets. Enfin, étant donné que les applications de santé font aujourd'hui partie intégrante de la vie quotidienne des personnes, elles ont un potentiel énorme pour améliorer l'engagement.

2.5 Conclusion du chapitre

Le but de cet état des lieux était de fournir un aperçu des tendances des interventions numériques de santé visant à favoriser un changement de comportement chez les personnes adultes présentant un facteur de risque cardio-vasculaire.

Nous avons tout d'abord mis en avant la nécessité de développer un dispositif plus personnalisé associé à une ou des applications afin de collecter un nombre plus important de données complémentaires relatives aux sujets. Le deuxième problème mis en évidence est lié à la capacité d'intégrer et d'exploiter les informations pertinentes explicites et implicites concernant l'utilisateur. Ce travail de revue met en avant certaines caractéristiques des interventions numériques de santé telles que l'utilisation de sondages, de groupes de discussion, de SMS, et d'applications connectées afin d'extraire les informations et les préférences à partir des données des utilisateurs.

Les conclusions issues de ce travail d'analyse devraient contribuer à une meilleure compréhension des recherches existantes dans ce domaine, ainsi qu'au développement et à l'évaluation d'interventions futures en matière de santé connectée et de solutions innovantes. Les résultats de cette étude confortent l'idée selon laquelle la recherche sur les interventions de santé connectées en prévention des facteurs de risque cardio-vasculaire est intéressante, et des recherches supplémentaires sont nécessaires. Cependant, il est peu probable que les interventions numériques de santé pour l'adhésion exercent une influence significative sur les résultats si les autres caractéristiques correspondant aux préférences de l'utilisateur ne sont pas prises en compte, car la principale limite de la plupart des outils de santé connectés existants est le manque de personnalisation.

LEVIERS	ALCOOL	TABAC	ALIMENTATION	ACTIVITÉ PHYSIQUE	ÉDUCATION	PROFESSION
SMS-Notifications	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ARTICLES	✓	✓	✓	✓	✓	✓
VIDEO-TUTORIELS	✓	✓	✓	✓	✓	✓
COACHING PERSONNEL	Psychologiques Addictologue	Psychologiques Addictologue	Nutritionniste Diététicienne	Educateur sportif adapté Médecin du sport	✓	✓
SERIOUS GAMES	✓	✓	✓	✓	✓	✓
BLOG SPÉCIALISÉ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
GROUPE DE DISCUSSION	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Questionnaire /Quiz	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Objet de santé connectés Dispositifs de santé (DM) connectés selon la clinique		Oxymètre ◊ HTA : tensiomètre	Balance ◊ Obésité : balance ◊ Diabète : glucomètre	Traqueurs d'activité ◊ SAS : traqueurs d'activité ◊ Stress : App. cohérence cardiaque	les observatoires de la e-santé ; https://www.odess.io/observatoire.html	les observatoires de la e-santé ; https://www.odess.io/observatoire.html

Figure 17: Exemples d'interventions numériques de santé

Les interventions de santé connectées sont développées conformément aux valeurs et aux besoins des utilisateurs et peuvent potentiellement motiver et favoriser un changement de comportement durable en matière de santé nécessitant une implication accrue des utilisateurs et des approches multidisciplinaires en matière de conception. La Figure 17 propose des exemples d'interventions numériques de santé. Par exemple deux études récentes ont utilisé des *serious games* l'une dans le cadre d'une réduction de consommation de tabac et l'arrêt du tabac (Derksen ME. et al., 2020) et l'autre dans la promotion de la prévention (Tolks D. et al., 2020).

La perspective de pouvoir mobiliser des interventions numériques de santé qui engagent, motivent et soutiennent les comportements sains pouvant aider à maintenir une prévention efficace vis-à-vis des facteurs de risque cardio-vasculaire incite à la conception de nouvelles technologies numériques personnalisées intégrant la santé mobile, des données de comportements, et d'aide à la décision pourraient offrir des opportunités pouvant contribuer à résoudre le changement de comportement en matière de santé.

Chapitre 3

Enrichissement d'un modèle de prédiction de facteurs de risques cardio-vasculaires

3.1 Méthodologie proposée

3.1.1 Choix du modèle de prédiction de facteurs de risques cardio-vasculaires

3.1.2 Choix de la cohorte GAZEL

3.1.3 Choix des auto-questionnaires

3.2 Classification en groupe de facteurs de risques

3.2.1 Présentation graphique des auto-questionnaires

3.2.2 Groupe A

3.2.3 Groupe B

3.2.4 Groupe C

3.2.5 Groupe D

3.3 Détermination de profils de comportements et enrichissement d'un modèle

3.3.1 Détermination et attribution d'un profil de comportements (groupe B)

3.3.2 Détermination et attribution de facteurs de risque clinique et sociaux (groupes C et D)

3.4 Recommandations en prévention du risque cardio-vasculaire

3.4.1 Choix des recommandations – recherche documentaire

3.4.2. Choix des recommandations - réunion collaborative

3.5 Conclusion du chapitre

Dans ce chapitre, nous présentons l'enrichissement d'un modèle de prédiction de facteurs de risques cardio-vasculaires. À partir des questionnaires de cohorte GAZEL nous présentons la classification en groupe des facteurs de risques cardiovasculaires et la détermination des profils comportementaux, cliniques et sociaux. Enfin, nous présentons les choix des recommandations en prévention des facteurs de risque cardio-vasculaire, et la méthode d'association entre groupe de variable et recommandations.

Enrichissement d'un modèle de prédiction de facteurs de risques cardio-vasculaires

3.1 Méthodologie proposée

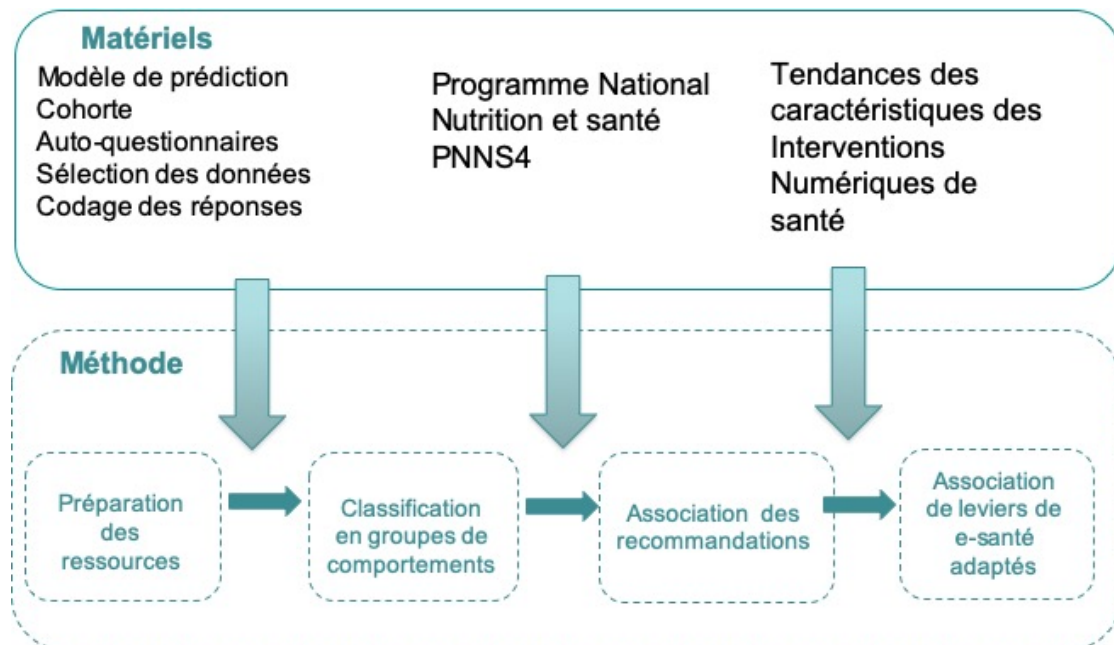


Figure 18: Matériels et méthode utilisés

La mise en œuvre de la méthodologie proposée est structurée en quatre étapes. Elle permet la sélection des interventions numériques de santé adaptées à des profils de comportement et des recommandations de prévention des facteurs de risque cardio-vasculaire. Ce processus vise à sélectionner des interventions numériques de santé pour améliorer l'adhésion des profils utilisateurs à des recommandations de prévention du risque cardio-vasculaire.

Dans un premier temps nous avons sélectionné des ressources en rapport avec les étapes de cette méthodologie :

- Un modèle existant des facteurs de risques cardiovasculaire²⁶
- Des questionnaires²⁷
- Des recommandations²⁸
- Des interventions numériques de santé²⁹

Dans un second temps, nous avons adapté ces ressources à nos objectifs :

- Enrichir un modèle avec d'autres facteurs de risque
- Identifier les recommandations adaptées à ces facteurs de risque
- Identifier des caractéristiques des INS de types : à lire, à faire, à connecter

Ce travail permet d'élaborer un processus de sélection d'interventions numériques de santé en 4 étapes qui sera abordé dans la partie II :

26 Meneton P, Lemogne C, Herquelot E, Bonenfant S, Larson MG, Vasan RS, et al. (2016) A Global View of the Relationships between the Main Behavioural and Clinical Cardiovascular Risk Factors in the GAZEL Prospective Cohort. PLoS ONE 11(9): e0162386. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162386>

27 R. Azzi, S. Despres and J. Nobecourt, "MCVGraphviz : a web tool for knowledge dynamic visualization," 2019 IEEE-RIVF International Conference on Computing and Communication Technologies (RIVF), Danang, Vietnam, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/RIVF.2019.8765697.

28 Ugon A, Hadj Bouzid AI, Jaulent MC, Favre M, Duclos C, Jobez E, Falcoff H, Lamy JB, Tsopra R. Building a Knowledge-Based Tool for Auto-Assessing the Cardiovascular Risk. Stud Health Technol Inform. 2018;247:735-739. PMID: 29678058.

29 Agher D, Sedki K, Tsopra R, Despres S, Jaulent MC. Influence of Connected Health Interventions for Adherence to Cardiovascular Disease Prevention: A Scoping Review. Appl Clin Inform. 2020 Aug;11(4):544-555. doi: 10.1055/s-0040-1715649. Epub 2020 Aug 19. PMID: 32814353; PMCID: PMC7438176.

- Intégration des données de comportements individuels
- Messages de prévention et de recommandations personnalisées
- Filtration de différents INS santé selon les comportements et les recommandations associées
- Sélection des INS adaptées en prévention des facteurs de risque cardio-vasculaire

3.1.1 Choix du modèle de prédiction de facteurs de risques cardio-vasculaires

Des travaux récents (Meneton *et al.*, 2016) ont proposé un modèle de prédiction des maladies cardio-vasculaires. Ce modèle permet d'identifier différents types de facteurs de risque (non modifiables, comportementaux, cliniques) et leurs interactions.

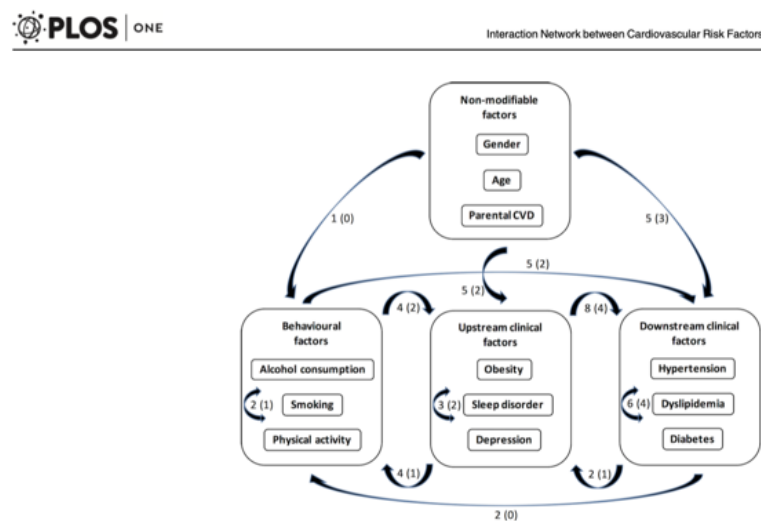


Figure 19: Modèle relationnel des différents facteurs de risque cardio-vasculaire. (Meneton *et al.*, 2016)

La Figure 19 représente les facteurs de risque cardio-vasculaire en 4 groupes dépendant du nombre de facteurs additionnels prédisant chacun d'entre eux. Les nombres situés à côté des flèches représentent le nombre d'associations potentielles entre ou à l'intérieur des 4 groupes de facteurs parmi lesquels sont dénombrées entre parenthèses les associations statistiquement significatives de valeurs $p < 0.05$ ou $p < 0.0001$. Le modèle a été obtenu par une série d'analyses épidémiologiques de la cohorte française GAZEL (Meneton *et al.*, 2016). Nous n'utilisons pas ces informations sur les associations dans la suite de ce travail.

3.1.2 Choix de la cohorte GAZEL (Goldberg *et al.*, 2015)

Cette cohorte prospective lancée en janvier 1989, comprend 20 625 employés, 5 614 femmes et 15 011 hommes âgés au départ de 35 à 50 ans et de 40 à 50 ans respectivement) des entreprises publiques françaises : Électricité de France (EDF) et Gaz de France (GDF) (Goldberg *et al.*, 2015). Cette population se compose d'habitants de toutes les régions de France vivant en milieu rural ou urbain ; de tout niveau professionnel en regroupant l'ensemble des employés du dirigeant à l'ouvrier ayant le rang le plus bas dans la hiérarchie. Les statuts spécifiques de fonctionnaire des salariés de ces entreprises nationales ont permis une certaine stabilité au sein des populations étudiées. Le suivi continu annuel mis en place par le biais de questionnaires comprend la collecte de données sur l'état de santé, le mode de vie et les facteurs

socio-économiques et professionnels provenant de divers questionnaires standardisés validés scientifiquement. (Meneton et al., 2017).

En raison du suivi de la cohorte sur une longue période, cette dernière est passée de 20 625 participants en 1989 (comptant respectivement 15 011 hommes âgés de 40 à 50 ans et 5614 femmes âgées de 35 à 50 ans) à une population plus âgée et diminuée à 17 907 participants. Au début de l'année 2014 elle est constituée d'une population ayant un âge moyen de 71 ans pour les hommes et 68 ans pour les femmes. Cette réduction de la population s'explique à la fois par le décès de 2028 participants comptant 1700 hommes et 328 femmes. La réduction de la population d'étude est également dû à des abandons ou la perte de suivi pour 690 participants. Le taux de participation annuel moyen pour répondre aux questionnaires est de l'ordre de 75 % en 2015. Au cours du temps, et en raison du vieillissement de la population composant la cohorte GAZEL, il a été constaté une apparition ou une augmentation de troubles liés à l'âge (physiques ou mentaux, perte d'autonomie), et du nombre de maladies chroniques. Les différentes études réalisées à partir de la cohorte GAZEL regroupent de nombreuses thématiques et problématiques telles que : les effets à long terme des expositions professionnelles sur le vieillissement prématuré ; les impacts de la retraite et d'autres événements majeurs de la vie ; les déterminants et conséquences de l'évolution des différents aspects de la santé au cours de la vie ; l'activité sociale au début du vieillissement (Goldberg et al., 2015).

Les forces de la cohorte GAZEL sont nombreuses, parmi lesquelles : la diversité socio-économique et géographique de la population échantillonnée ; la qualité et la durée du suivi de la population ; la participation élevée des membres de la cohorte ; la collecte prospective de données provenant de différentes sources qui sont extraites des registres des entreprises et des registres nationaux, des examens médicaux et biologiques pour certains participants ; la grande variété de déterminants de la santé et de troubles explorés dans le questionnaire ; les mesures répétées pour la plupart des variables, recueillies en continu ou par de multiples vagues.

3.1.3 Choix des auto-questionnaires

L'auto-questionnaire GAZEL était adressé à tous les volontaires à chaque début d'année, par voie postale. L'ensemble des questions de ce dernier, récurrentes pour la plupart, couvrent des dimensions extrêmement variées : mode de vie (alcool, tabac, alimentation, activité physique), conditions de travail, facteurs sociaux auxquels les sujets sont soumis, événements auxquels les sujets sont confrontés, états de santé. Notre choix s'est porté sur les auto-questionnaires des années 1998, 2004, 2009 car ils regroupent l'ensemble des questions sur les comportements et les facteurs sociaux. Un exemple d'un auto-questionnaire 2009 est en annexe B1.

Comportements	Question GAZEL 2009
Alimentation	<i>Combien de fois par semaine prenez-vous (quel que soit le lieu où vous le prenez) : Un petit-déjeuner (une boisson et au moins un aliment solide) ? Un repas de midi ? Un repas du soir ?</i>
Tabac	<i>Fumez-vous actuellement ? Fumeur (au moins une cigarette par jour) ?</i>

	<i>Non-fumeur ou fumeur occasionnel ?</i>
Alcool	<i>Quelle quantité maximum d'alcool consommez-vous par jour ?</i>
Activité physique	<i>Pratiquez-vous un sport, quelle que soit la fréquence ? (Occasionnellement, régulièrement ou de compétition)</i>

Tableau 3: Exemples des questionnaires de comportements GAZEL, 2009

Facteurs sociaux	Question GAZEL 2009
Situations professionnelles	<i>Comment jugez-vous vos conditions de travail ? Quelle est votre situation professionnelle ?</i>
Niveau éducation	<i>Quel est votre diplôme le plus élevé ?</i>

Tableau 4: Exemples des questionnaires de facteurs sociaux GAZEL, 2009

3.2 Classification en groupe des facteurs de risque cardiovasculaire

3.2.1 Présentation des auto-questionnaires

En partant sur la base de l'auto-questionnaire complet de la cohorte GAZEL, nous en avons développé un nouveau en sélectionnant les questions les plus adaptées à un format d'application mobile et enrichi le modèle de prédiction de (Meneton et al., 2017). Ce nouveau questionnaire est structuré de manière à ce que les données d'entrées soient divisées en 4 groupes de questions.

Dans la partie qui suit, pour chacun de ces groupes est présenté : l'ensemble des questions les composant, la méthode de codage des réponses et d'extraction des informations recueillies, la mise en forme en vue de procéder à l'interprétation automatisée des résultats, et la génération d'un message de prévention personnalisé par la chaîne logique du programme développé lors de cette thèse.

3.2.2 Groupe A

L'ensemble des questions de ce groupe concernent les données démographiques de l'utilisateur (âge, sexe), l'historique médical de la famille et les antécédents cardio-vasculaires de l'utilisateur (Cf. Tableau 5 et Figure 20). L'historique médical familial des maladies cardio-vasculaires (MCV) est déterminé par la survenue d'une maladie coronarienne avant l'âge de 60 ans chez la mère ou le père.

- *Quelle est votre date de naissance ?*
- *Quel est votre sexe ?*
- *Vos parents ont-ils souffert d'un infarctus avant l'âge de 60 ans ?*
- *Avez-vous déjà eu une maladie cardio-vasculaire (infarctus du myocarde, angine de poitrine, AVC avec ou sans paralysie, attaque, hémorragie cérébrale) ?*

Ce groupe a pour but de collecter les informations nécessaires pour :

- Construire un profil individuel d'utilisateur,
- Recueillir les informations relatives au sexe et à l'âge du sujet qui permettront de générer des recommandations spécifiques à ces variables ;
- Réorienter les sujets présentant ou ayant présenté des pathologies cardio-vasculaires. En effet, la dernière question sert à filtrer les personnes ayant déjà eu un événement cardio-vasculaire car ils ne seront pas pris en compte par le système. Le message à retourner est : « Dans le cas où vous auriez déjà souffert de cette maladie, seul un médecin est capable de vous fournir les informations nécessaires à votre santé ». Ce choix se justifie par le fait que dans cette situation, seul un médecin, et non un programme informatique logique aussi intelligent soit-il, est en mesure de fournir le suivi et les informations individualisées adéquates en matière de prévention pour ces utilisateurs. Le but dans ce travail de thèse n'étant pas de se substituer à un médecin, mais d'intervenir avant la survenue de pathologies cardio-vasculaires par le biais de messages et recommandations de prévention.

Codage des réponses et représentation graphique du questionnaire

<i>données démographiques</i>	codage=0	codage =1
<i>genre</i>	homme	femme
<i>antécédent de la maladie cardio-vasculaire</i>	non	oui
<i>antécédent familiale de maladie cardiovasculaire</i>	non	oui

Tableau 5: Codage des réponses (groupe A)

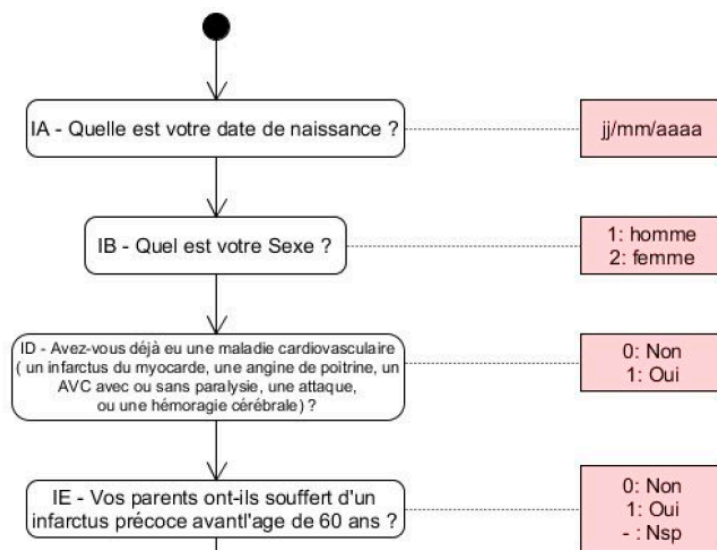


Figure 20: Représentation graphique du questionnaire des données démographiques

3.2.3 Groupe B

Le groupe B est un ensemble de quatorze questions de données psycho-graphique qui se rapportent au comportement de l'utilisateur.

Consommation d'alcool :

- *Au cours de la dernière semaine avez-vous consommé de l'alcool ?*
 - Si vous avez consommé de l'alcool :*
 - Quelle quantité maximum d'alcool par jour ?
 - Précisez combien de jours par semaine vous avez bu de l'alcool ?
- *Précisez pour cette dernière semaine combien de verre d'alcool vous avez consommé ?*
 - Nombre de verres

Consommation de tabac :

- *Fumez-vous actuellement ?*
 - *Fumeur (au moins une cigarette par jour) ?*
 - *Non-fumeur ou fumeur occasionnel ?*
- *Si oui, combien fumez-vous par jour ?*
 - *De cigarettes*
 - *De cigarillos*
 - *De pipes*
 - *De cigares*
- *Avez-vous déjà fumé (cigarettes, cigarillo, pipe, ...) ?*
- *Fumez-vous actuellement ?*

Régime alimentaire :

- *Combien de fois par semaine prenez-vous (quel que soit le lieu où vous le prenez) :*
 - Un petit-déjeuner (une boisson et au moins un aliment solide) ?
 - Un repas de midi
 - Un repas du soir
- *Mangez-vous quelque chose :*
 - Entre le petit-déjeuner et le repas de midi ?
 - Entre le repas de midi et le repas du soir ?
 - Après le repas du soir ?
- *De façon habituelle, combien de fois par semaine mangez-vous (repas et collations compris) :*
 - De la viande ?
 - De la volaille ?
 - De la charcuterie ?
 - Du poisson ?
 - Des œufs ?
 - Des aliments frits ?
 - Du beurre ?
 - Des féculents ?
 - Des légumes cuits ?
 - Des crudités ou légumes crus ?
 - De l'huile ?
 - Du fromage ?
 - Des desserts sucrés ?
 - Des fruits frais ?
 - Du pain ?

Sédentarité/Activité physique :

- Actuellement combien de temps faites-vous une activité physique par semaine ?
 - o Sélectionner le nombre d'heure par semaine.

Codage des réponses et représentation graphique du questionnaire

L'objectif du codage est de construire et attribuer un profil de comportement global à l'utilisateur sous forme de 4 scores représentant chacun un type de comportement individuel relatif à l'alcool, le tabac, la nutrition et l'activité physique.

i)Le comportement lié à la consommation d'alcool de l'utilisateur

L'évaluation relative à la consommation d'alcool de l'utilisateur sur la base de la quantité de verres d'alcool consommés lors de la semaine précédente. Les classes de buveur déterminées par ces questions sont dans le tableau *infra* :

<i>classe-buveur</i>	hommes	femmes
<i>abstinent</i>	0 verre/semaine	0 verre/semaine
<i>petit buveur</i>	[1,13] verres/semaine	[1,6] verres/semaine
<i>buveur modéré</i>	[4,27] verres/semaine	[7,20] boissons/semaine
<i>gros buveur</i>	>=28 verres/semaine	>=21 verres/semaine

Tableau 6: Déterminations des classes de buveur

Les valeurs binaires associées aux différentes classes de buveur sont : 0 pour « abstinent ou petit buveur » ; 1 pour « moyen buveur » et « gros buveur ».

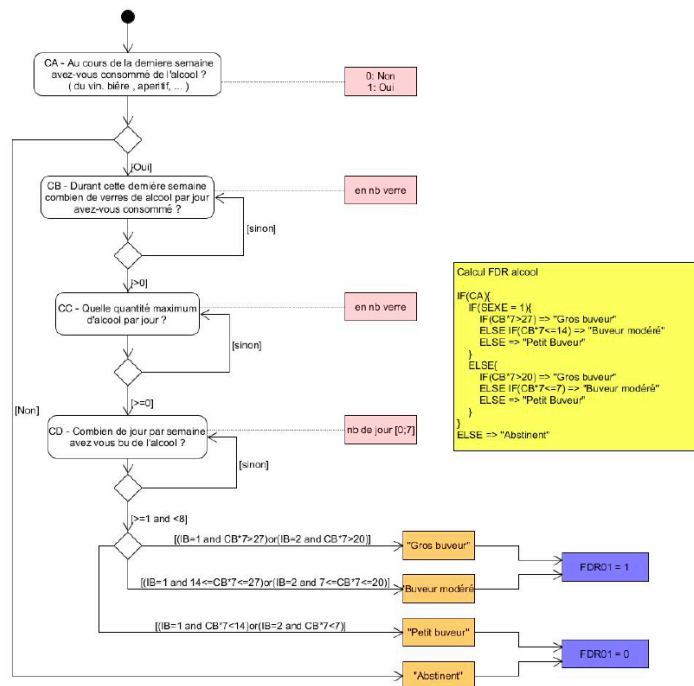


Figure 21: Représentation graphique du questionnaire consommation d'alcool. (L'abréviation FDR est utilisée pour « facteur de risque »)

ii) Le comportement lié à la consommation de tabac de l'utilisateur

L'évaluation relative à la consommation de tabac de l'utilisateur sur la base de la nature de son tabagisme au moment de la complétion du questionnaire. Le profil de consommation de tabac de l'utilisateur est déterminé à partir de la fréquence de cette dernière permettant de distinguer 3 classes : non-fumeur ; ex-fumeur ; fumeur. Les valeurs binaires associées aux différentes classes de fumeur sont : 0 pour « non-fumeur » ; 1 pour « ex-fumeur et fumeur ». (Cf. Figure 22).

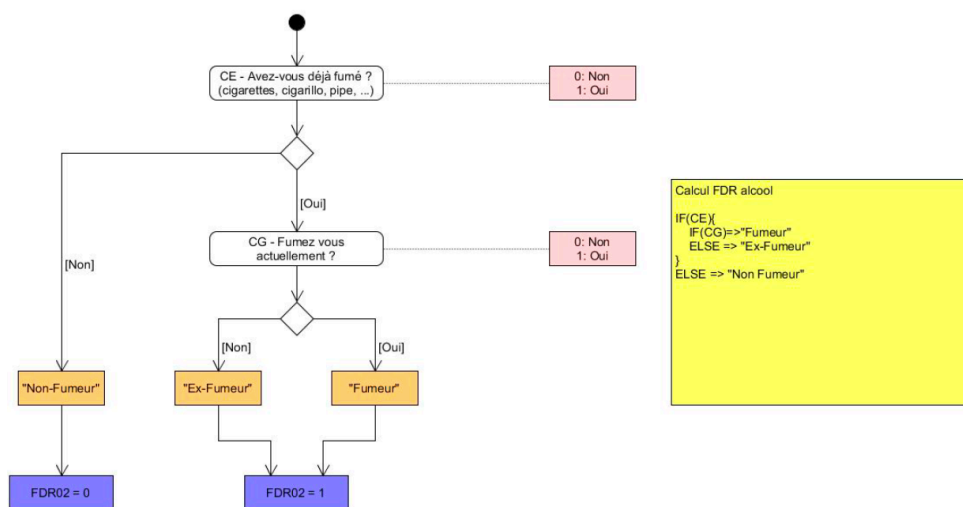


Figure 22: Représentation graphique du questionnaire consommation de tabac

iii) Le comportement alimentaire de l'utilisateur

L'évaluation relative au régime alimentaire de l'utilisateur se fait par le biais d'un questionnaire sur ses habitudes et fréquences de consommation alimentaire et le distingue entre les aliments dits « équilibré » et les aliments dits « non équilibré ». Les questions retenues pour ce groupe correspondent à celles des questionnaires GAZEL utilisés en 1998, 2004 et 2009. Ces questions abordent 17 catégories d'aliments pour lesquelles les fréquences de consommation correspondent à un score de : 0 pour la réponse « jamais ou presque jamais » ; 2 pour la réponse « une ou deux fois » ; 4 pour la réponse « pas tous les jours, mais plus de deux fois » ; et 7 pour la réponse « tous les jours ou presque tous les jours ». Les catégories d'aliments se répartissent en deux groupes, les aliments considérés comme sains (volaille, poisson, œufs, fruits, légumes crus, légumes cuits, huile végétale, lait, produits laitiers, pain, féculents) et les aliments considérés comme étant à éviter (viande rouge, viande de porc cuite, produit frit, beurre, fromage, dessert sucré). Un score moyen pour les catégories d'aliments équilibrés et à éviter est calculé à partir des valeurs obtenues pour chaque catégorie de réponses et permettront d'établir l'indicateur alimentaire global attribué à l'utilisateur. Cet indicateur permet d'attribuer un score à l'alimentation de l'utilisateur, représentatif du respect des recommandations du programme de santé publique français du Programme national nutrition santé (PNNS). Les classes de profil alimentaire de l'utilisateur sont : équilibrées, intermédiaires, ou déséquilibrées. Les valeurs binaires associées aux différentes classes de l'alimentation de l'utilisateur sont : 0 pour « équilibrée » ; 1 pour « intermédiaire et non équilibrée ». (Cf. Figure 23 et Cf. Annexe B2).

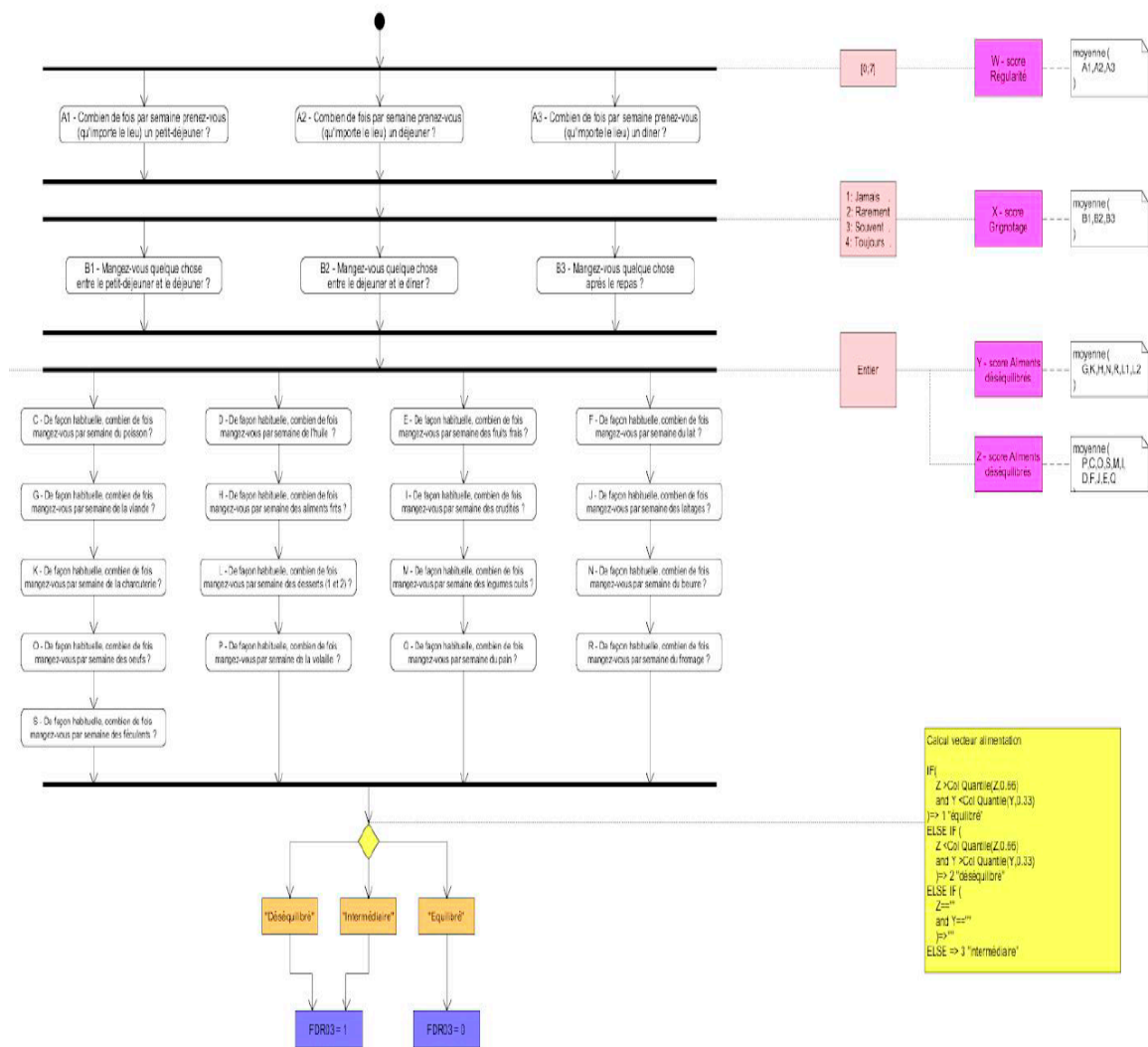


Figure 23: Représentation graphique du questionnaire alimentaire

ix) Le comportement lié à l'activité physique de l'utilisateur

L'activité physique est définie par la pratique d'un sport, quelle que soit sa fréquence, occasionnelle ou régulière, en opposition à l'inactivité physique où le sujet ne pratique aucune activité sportive. La réponse fournie par l'utilisateur est associée à une classe de comportement par les 3 suivantes : plus de 10-20 km ; 500m-5km/5km-10km ; et 500 m. Afin de convertir le temps d'activité du sujet en km, nous nous basons sur les standards suivants :

- *Parcourir 1 km nécessite entre 10 et 15 minutes.*
- *Donc 5 km nécessite environ une heure : 5km / 1 h 15 = 5000 m / 75 min*
- *Ce qui permet d'établir ≈7,5 min / 500 m*

Les valeurs binaires associées aux différentes classes liées à l'activité physique de l'utilisateur sont : 0 pour « sportif » ; 1 pour « intermédiaire et sédentaire ». (Cf. Figure 24).

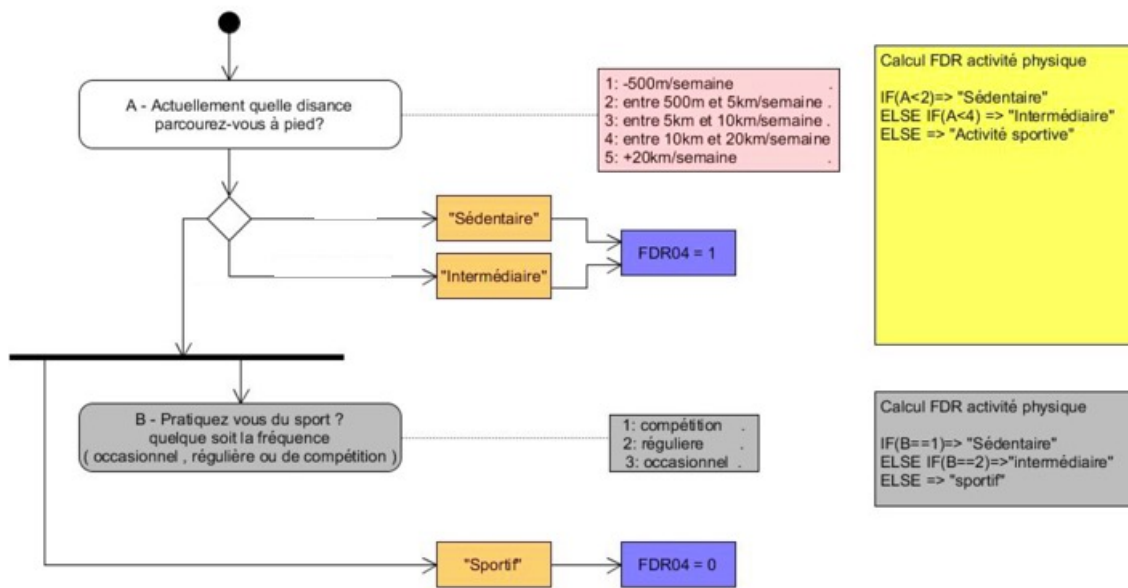


Figure 24: Représentation graphique du questionnaire activité physique

En résumé, pour le groupe B, le comportement global est représenté par le codage = 0 correspond à un bon comportement de l'utilisateur, et le codage =1 à un comportement pouvant être à risque pour ce dernier.

<i>comportements</i>	codage=0	codage=1
<i>distance parcourue à pied chaque semaine</i>	plus de 20km-10km	10km-500m 500m
<i>classe fumeur</i>	non-fumeur	petit /moyen ou gros fumeur
<i>alimentation</i>	équilibrée	intermédiaire ou déséquilibrée
<i>classe buveur</i>	abstinent-petit buveur	moyen buveur ou gros buveur

Tableau 7 : Codage des réponses (groupe B)

3.2.4 Groupe C

Le groupe C se compose de sept questions se rapportant au statut clinique de l'utilisateur. Le recueil d'information est dans le Tableau 8.

- Quelles sont les maladies dont vous souffrez ou avez souffert au cours des douze derniers mois ?
- Parmi les maladies que vous avez citées, lesquelles sont survenues récemment, c'est-à-dire celles dont vous souffrez depuis moins d'un an ?
- L'indice de masse corporelle des individus est calculé à partir des valeurs de poids et de taille obtenues grâce aux questionnaires.
- Voici une liste de problèmes de santé, indiquez ci-dessous ceux dont vous souffrez ou vous avez souffert au cours des 12 derniers mois.

Codage des réponses et représentation graphique du questionnaire

clinique	codage=0	codage=1
hypertension	non	oui
diabète	non	oui
dyslipidémie	non	oui
obésité	non	oui
troubles du sommeil	non	oui
stress	non	oui
dépression	non	oui

Tableau 8: Codage des réponses (groupe C)

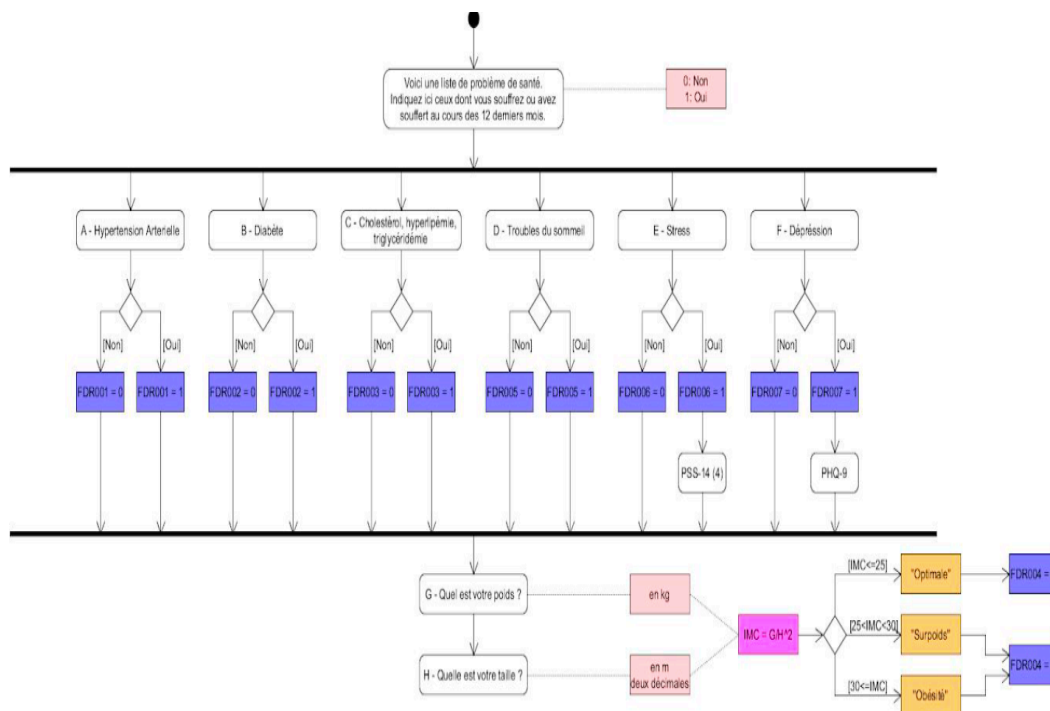


Figure 25: Représentation graphique du questionnaire facteurs de risques cliniques

Les réponses recueillies pour ces variables sont codées de manière binaire : absentes = 0, présentes = 1. Ce travail étant effectué dans le contexte de stratégies de prévention chez les personnes à risque, nous supposons qu'au moins une de ces variables sera présente et donc égale à 1.

3.2.5 Groupe D

Le groupe D comporte deux questions portant sur le statut social de la personne et concernent :

- La situation professionnelle du sujet en activité ou non ;
- Son niveau d'étude : universitaire ou secondaire ou primaire.

Statut professionnel(Figure 26 et Tableau 9)

- *Quelle est votre situation professionnelle :*
 - En activité
 - En retraite ou préretraite
 - Longue maladie, invalidité, ou chômage

Éducation :

- *Quel est votre niveau d'éducation :*
 - Universitaire ?
 - Secondaire ?
 - Primaire ?

Les réponses à la question concernant le statut sociale concernent :

- La situation professionnelle du sujet en activité ou non ;
- Son niveau d'étude : universitaire ou secondaire ou primaire.

Codage des réponses et représentation graphique du questionnaire

facteur sociaux	codage =1	codage=2	codage=3
<i>situation professionnel</i>	en activité	en retraite ou préretraite	en longue maladie ou invalidité
<i>niveau d'éducation</i>	université	lycée	collège

Tableau 9: Codage des réponses (groupe D)

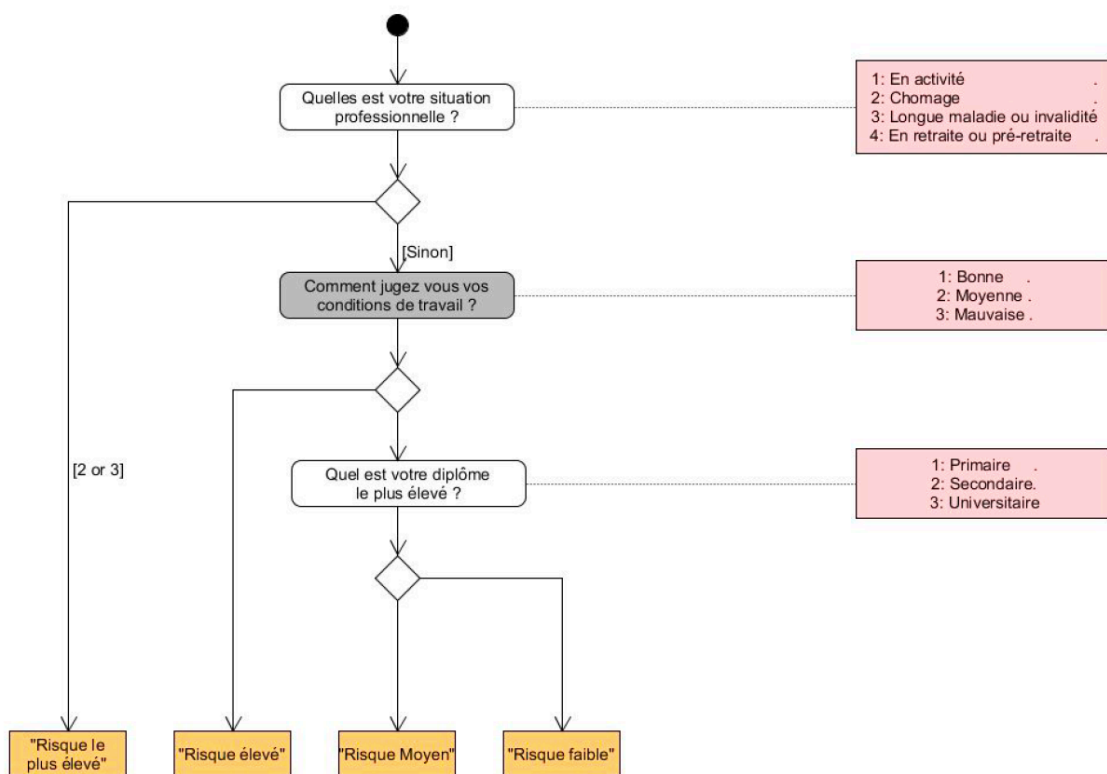


Figure 26: Représentation graphique du questionnaire sociale

3.3 Détermination de profils de comportements et enrichissement d'un modèle

3.3.1 Détermination et attribution d'un profil de comportements (groupe B)

L'objectif est de recueillir l'ensemble des informations relatives à l'utilisateur pour déterminer son profil de comportement, pour sa consommation d'alcool, sa consommation de tabac, son régime alimentaire et son activité physique.

Les scores individuels obtenus pour chacune des catégories sont retranscrits au sein d'un quadruplet correspondant à une variable à quatre valeurs binaires comprises entre 0 et 1 associée à une ou des classes de comportements pour chaque variable : consommation d'alcool ; consommation de tabac, alimentation ; sédentarité.

Un quadruplet se compose donc de la sorte :

(0/1) — (0/1) — (0/1) — (0/1)

Alcool – Tabac – Nutrition – Sédentarité

Ainsi, le quadruplet (0-1-0-1) décrit une personne qui consomme modérément de l'alcool, qui fume, qui a une alimentation équilibrée et qui a un mode de vie sédentaire.

Dans un but d'individualisation du processus de recommandation, un profil de comportement est attribué à l'utilisateur. Un comportement peut se définir comme les habitudes, les choix et décision qu'un individu prend dans différents domaines de sa vie, comme l'alimentation, le

tabagisme etc. De nombreuses études (Carbonnel & Ninot, 2019 ; Geller et al., 2017 ; Gordon & Hornbrook, 2018 ; Nittari et al., 2019 ; Prochaska & Prochaska, 2011) ont permis de corréler un comportement à un risque pathologique. Dans le cadre de cette thèse, le profil de comportement de l'utilisateur est un profil multidimensionnel tenant compte de multiples comportements associés à des domaines spécifiques de la vie du sujet comme cela a pu être mis en place ou recommandé dans différents travaux de recherche cités *supra*. Le profil ou groupe de comportement attribué à un utilisateur est donc interdépendant de ses comportements vis-à-vis de sa consommation d'alcool, de tabac, de la qualité de son régime alimentaire et de son niveau d'activité physique.

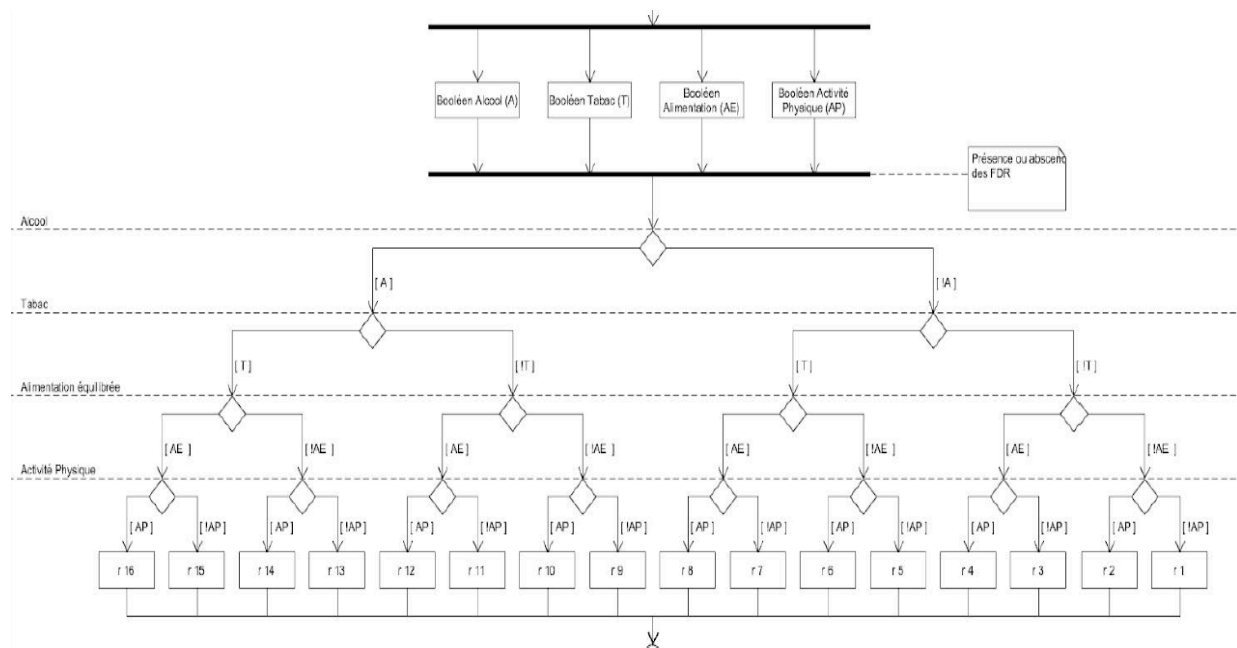


Figure 27: Représentation graphique de la classification de 16 profils de comportement. (Source : extrait Fouque M 2019)

En utilisant ce système de codage de quadruplet (0/1) — (0/1) — (0/1) — (0/1), en Figure 27, seize profils de comportement différents peuvent être identifiés par le jeu des combinaisons. Le système de classification mise en œuvre au cours de ce chapitre est fondé sur le quadruplet de l'utilisateur déterminé par le biais de ses réponses au questionnaire comme nous l'avons vu précédemment, afin de lui attribuer un groupe/profil de comportement.

3.3.2 Détermination et attribution de facteurs de risque clinique et sociaux (groupes C et D)

Les facteurs de risques sont représentés sous forme de vecteurs cf. Figure 28 et Figure 29 *infras*. Cette modélisation de codage *infras* permet d'enregistrer une liste de « score binaire =1/0 pour présent ou absent » lors de la complétion du formulaire, et dont la combinaison permet la détermination de la présence ou l'absence de facteur cliniques et sociaux des utilisateurs.

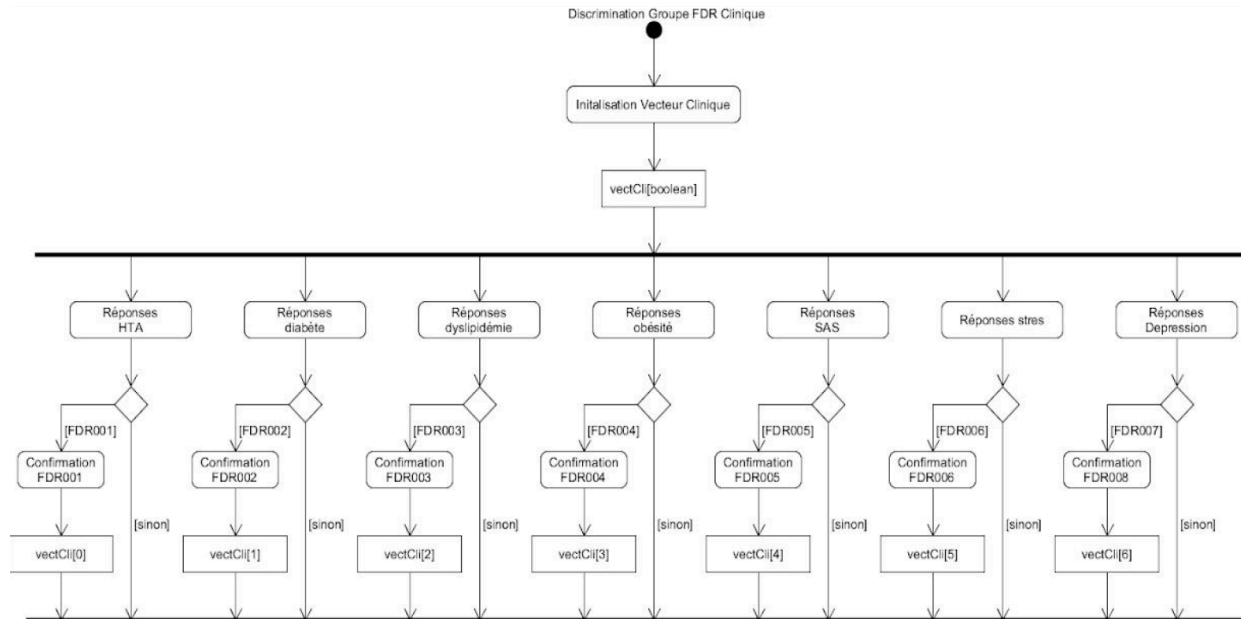


Figure 28: Représentation graphique de la classification du groupe de facteurs cliniques (Source : extrait Fouque M 2019)

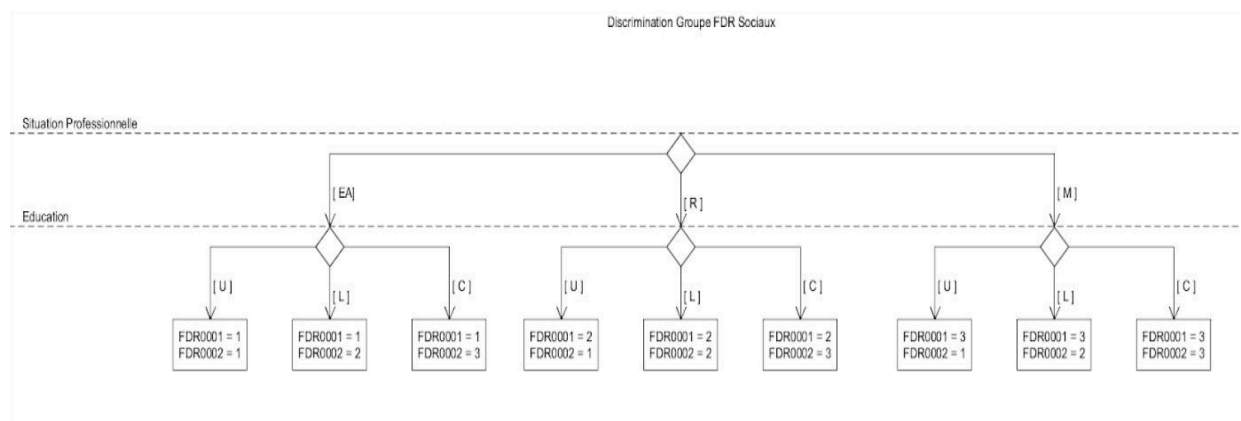


Figure 29 : Représentation graphique de la classification du groupe de facteurs sociaux (Source : extrait Fouque M 2019)

Cette approche enrichit les facteurs des études antérieures. : les facteurs de risque de maladies cardio-vasculaires retenus sont les suivants : hypertension artérielle, dyslipidémie, diabète, obésité, troubles du sommeil, dépression. Nous les avons enrichis en y ajoutant les facteurs de risque « stress » « alimentation » « situation professionnelle » et « niveau d'étude ». L'enrichissement de ce modèle repose premièrement sur l'intégration de facteurs sociaux et deuxièmement sur l'analyse combinatoire des comportements par le biais d'un processus de vectorisation présenté *supra*. (Cf. annexe B3).

3.4 Recommandations en prévention du risque cardio-vasculaire

3.4.1 Choix des recommandations – recherche documentaire

Dans notre système de classification de recueil et d'analyse de données permettant de générer des groupes de variables comportementales, cliniques et liées à la contingence des sujets, il va être nécessaire de mettre en place des recommandations spécifiques à chacun de ces profils. Nous avons utilisé une base de données de recommandations préexistantes issues du Programme National Nutrition Santé (PNNS4³⁰ (Haut Conseil de la Santé Publique, 2019)). Par exemple, pour un profil avec un quadruplet de type : 0_0_1_1, soit non buveur, non-fumeur mais avec une alimentation déséquilibrée et un mode de vie sédentaire. L'objectif pour ce profil sera de suivre les recommandations et mettre en place les actions suivantes :

Pour une alimentation déséquilibrée

- *Exemple de Recommandation* : « Bien manger, c'est adopter une alimentation variée et équilibrée, c'est-à-dire manger tout mais en quantité appropriée. Cela consiste à privilégier les aliments bénéfiques pour la santé (fruits, légumes) et à limiter la consommation de produits sucrés (bonbons, boissons sucrées, etc.), de produits salés (gâteaux apéritifs, chips, etc.). »

- *Exemple Action* : Lien vers « Manger mieux »³¹

Pour un mode de vie sédentaire

- *Exemple de Recommandation* : « Même si vous faites déjà au moins 30 minutes d'activité physique dynamique par jour, il est également bénéfique de réduire le temps passé en position assise. Chaque opportunité est bonne pour se lever et bouger. »

- *Exemple Action* : Lien vers « Bouger plus »³²

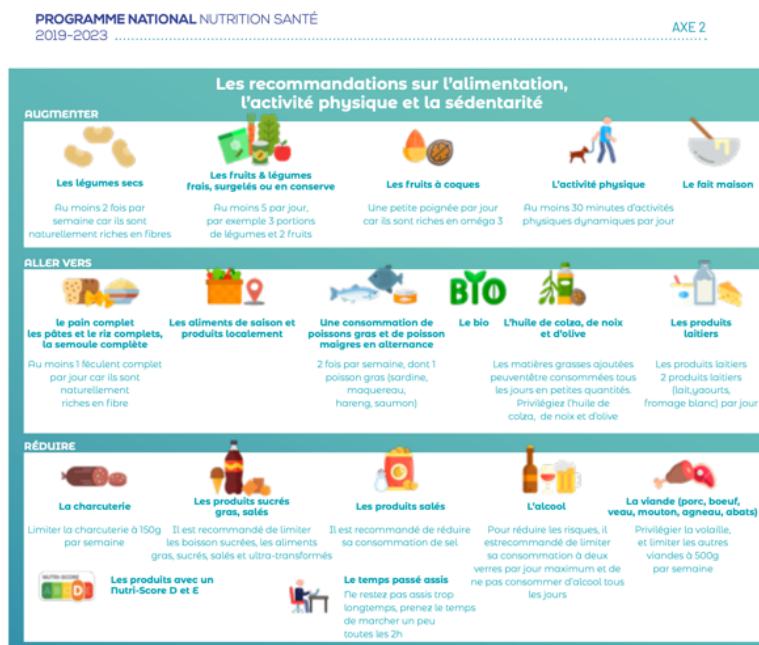


Figure 30: Programme National Nutrition Santé extrait (PNNS4 2019-2023)

³⁰ https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/pnns4_2019-2023.pdf

³¹ <https://www.mangerbouger.fr/Manger-Mieux>

³² <https://www.mangerbouger.fr/Bouger-Plus>

Le Programme national Nutrition Santé (PNNS) vise à accomplir divers objectifs définis par le Haut conseil de la santé publique (HCSP) et dont l'objectif premier d'améliorer la santé de l'ensemble de la population grâce à la nutrition. Depuis son lancement, le PNNS a évolué en fonction des objectifs atteints et de nouvelles ambitions sanitaires de la HCSP. Les nouvelles recommandations pour 2019-2023 ont été lancées le 20 septembre 2019 (Haut Conseil de la Santé Publique, 2019). Le défi de ce 4^e programme est d'augmenter l'activité physique et d'améliorer les consommations alimentaires de la population française (Haut Conseil de la Santé Publique, 2019)³³.



Figure 31: Réunion de projet pour le choix de recommandation (d'après image <https://itsocial.fr/enjeux-it/enjeux-utilisateurs/collaboration/>)

Afin d'identifier les sources françaises de recommandations et d'actions possibles en matière de comportements à risque lors de ma deuxième année de thèse, j'ai participé à des réunions de travail menées dans le cadre d'un projet ANR (Agence National pour la Recherche) -PEPS³⁴.

3.4.2. Choix des recommandations - réunion collaborative

Ce travail collaboratif de réflexion m'a permis de prendre du recul sur mon travail de recherche et mes résultats.

Ma participation de manière active aux réunions hebdomadaires du mercredi soir en présentiel puis à distance a été très enrichissante sur l'aspect méthodologique et grâce aux nombreux échanges avec l'équipe d'expert du Collège de Médecine Générale dont Dr Hector Falcoff, Monsieur Pierre Meneton et Monsieur Adrien Ugon. (Cf. Figure 31).

Les ressources du projet PEPS (Ugon et *al.*, 2018) sont complémentaires à mon approche du point de vue des recommandations, dans la mesure où nous exploitons les mêmes sources d'information : les recommandations du PNNS 4 (Cf. annexe B4) (alimentation et activité physique) ; des ressources en lignes telles que infos services (tabac et alcool) ; le modèle

³³ <https://www.hcsp.fr/>

³⁴ Prévention Effective Personnalisée et e-Santé <https://anr.fr/Projet-ANR-16-CE19-0018>

statistique pour les facteurs de risques cardio-vasculaires élaboré par Meneton Figure 19: Modèle relationnel des différents facteurs de risque cardio-vasculaire. (Meneton et al., 2016).

Il existe aussi d'autres sources d'information complémentaires par exemple l'expertise collective Inserm recherche³⁵³⁶³⁷³⁸. Ce travail d'expertise apporte une synthèse des recommandations et des pistes d'améliorations pour la mise en place de recommandation en matière d'activité physique en prévention et traitement des maladies chroniques. L'expertise collective Inserm a pour mission d'établir un bilan des connaissances scientifiques sur un sujet donné dans le domaine de la santé à partir d'analyse critique de la littérature scientifique internationale. Elle est réalisée à la demande d'institutions (ministères, organismes d'assurance maladies...). L'expertise collective est une mission de l'Inserm depuis 1994, dont l'Inserm est garant des conditions dans lesquelles l'expertise est réalisée en accord avec sa Charte de l'expertise.³⁹

3.5 Conclusion du chapitre

Dans ce chapitre, nous avons présenté la première étape nécessaire à l'extraction et la caractérisation des différentes variables comportementales, et cliniques des sujets à partir d'un modèle validé statistiquement et des informations recueillies par auto-questionnaires. Notre approche tire avantage d'une méthodologie de caractérisation des variables dans le but d'en extraire les plus pertinentes à partir d'un modèle validé.

L'intérêt principal de cette approche est d'extraire des données de questionnaires et d'en faire une classification des comportements de mode de vie. Nous avons présenté ensuite comment les recommandations spécifiques aux variables comportementales, cliniques des individus ont été sélectionnées et liées aux groupes des variables propres à un utilisateur.

La prochaine étape méthodologique consistera en la conception d'une application mobile se basant sur les comportements spécifiques d'un individu, afin de permettre le choix d'interventions numériques de santé.

³⁵<https://www.inserm.fr/information-en-sante/expertises-collectives/activite-physique-prevention-et-traitement-maladies-chroniques>

³⁶<https://www.inserm.fr/information-en-sante/expertises-collectives/stress-travail-et-sante-situation-chez-independants>

³⁷ <https://www.inserm.fr/information-en-sante/expertises-collectives/agir-sur-comportements-nutritionnels>

³⁸<https://www.inserm.fr/information-en-sante/expertises-collectives/inegalites-sociales-sante-en-lien-avec-alimentation-et-activite-physique>

³⁹ <https://www.inserm.fr/recherche-inserm/integrite-scientifique>

Partie II

Conception d'une application mobile pour le choix d'interventions numériques de santé et évaluation ergonomique

Chapitre 4

Conception de l'application mobile Prevent Connect d'aide à la prévention personnalisée du risque cardio-vasculaire

- 4.1 Conception de l'application Prevent Connect
 - 4.1.1 spécifications fonctionnelles et scénario
 - 4.1.2 Spécification technique
- 4.2 Implémentation de l'application mobile Prevent Connect
 - 4.2.1 Architecture du système
 - 4.2.2 Test unitaires pour évaluation technique
- 4.3 Scenarios parcours utilisateurs de l'application Prevent Connect
 - 4.3.1 maîtrise des données
 - 4.3.2 parcours utilisateurs
- 4.5 Conclusion du chapitre

Ce chapitre présente le cahier des charges du processus du système d'aide à la prévention de l'application *Prevent Connect* mais également le travail de deux stagiaires que j'ai supervisé lors de ma deuxième année pour la conception et l'implémentation de l'application *Prevent Connect*.

Article publié

Agher D, Fouque M, Brandi M, Sedki K, Tsopra R, Meneton P, Despres S, Jaulent MC. Decision Support System for Selection of e-Health Interventions. *Stud Health Technol Inform.* 2020 Jun 26; 272 :326-329. doi: 10.3233/SHTI200561. PMID: 32604668.

Ce second article est associé à une communication orale au *18th international Conference on Informatics, Management and Technology in Healthcare, ICIMTH⁴⁰ Athens e-conference July 2020 The importance of health informatics in public health during a pandemic.*

⁴⁰ <https://www.icimth.com/135-icimth-conference-web>

Conception de l'application mobile *Prevent Connect* pour le choix d'interventions numériques de santé

4.1 Conception de l'application Prevent Connect

Lors de ma deuxième année de thèse j'ai supervisé le travail de deux stagiaires au LIMICS. Le premier étudiant Marc Fouque a effectué du 8 avril au 14 juin 2019 « une modélisation UML⁴¹ du processus de choix de recommandations personnalisées pour la prévention de risques cardiovasculaires » lors de son stage de première année du Master Sciences Technologies Santé Mention Santé publique, université de Bordeaux, ISPED (Institut de Santé Publique d'épidémiologie et de Développement). Le second étudiant Matteo Brandi a effectué du 3 juin au 26 juillet 2019 « la réalisation de l'application mobile et de son serveur web sur la prévention des risques cardiovasculaires », lors de son stage de première année de cycle ingénieur l'ENSIIE (l'École Nationale Supérieure d'Informatique pour l'Industrie et l'Entreprise). Une synthèse des documents ayant servi à la conception de l'application *Prevent Connect* se trouve dans ce chapitre, en annexe C (Fouque M, 2019) et (Brandi M, 2019).

4.1.1 Spécifications fonctionnelles⁴² et scénario d'usage⁴³

La Figure 32 représente le processus de choix des interventions numériques de santé qui est constitué d'une chaîne de décision automatisée intégrant 4 étapes (classification des groupes de comportements, associations des recommandations, association d'une liste des interventions numériques de santé, sélection d'une liste d'INS adaptées).

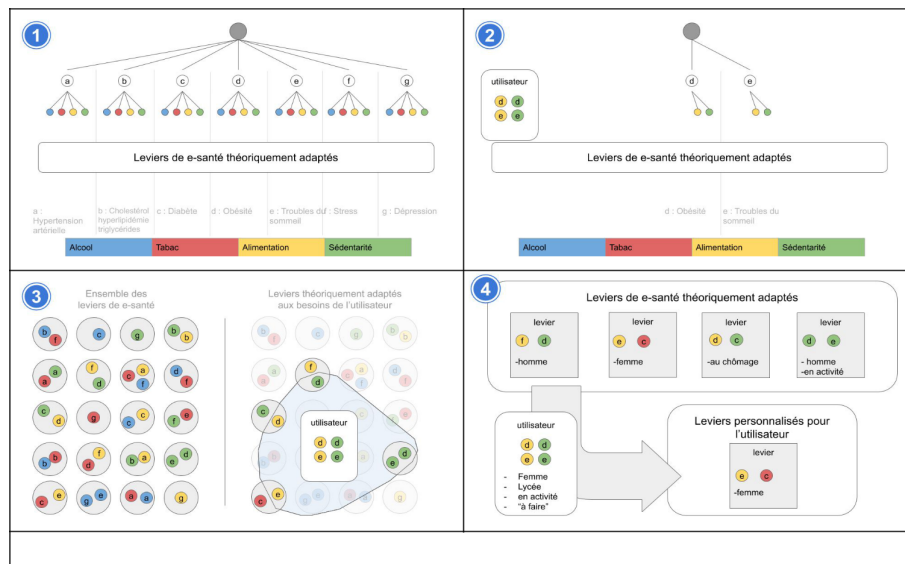


Figure 32: Processus de sélection des interventions numériques de santé

⁴¹ Langage de Modélisation Unifié

⁴² Spécifications fonctionnelles (règles) qui définissent une fonctionnalité d'un système informatique. Ces règles sont logiques, mais ne sont pas techniques.

Étape 1 : Associer le comportement de l'utilisateur à une liste de recommandations générales. À cette étape, la liste exhaustive des recommandations générales extraites de source officielle est attribuée au quadruplet de l'utilisateur. Par exemple, les recommandations pour un sujet présentant un comportement [0-1-0-1] seront « cesser de fumer en consultant un professionnel de santé, car il est difficile d'arrêter de fumer seul » et b) « pratiquer une activité physique quotidienne et régulière, équivalente ou supérieure à 30 min ».

Étape 2 : Affiner l'ensemble des recommandations en fonction des facteurs de risque cliniques que présente l'utilisateur. Bien que ce ne soit pas toujours le cas, les facteurs de risques cliniques peuvent être liés aux comportements. Dans ce cas, il est admis qu'un changement de comportement positif peut réduire le facteur de risque et prévenir l'installation ou la survenue de certains événements cardio-vasculaires. Par exemple, une alimentation équilibrée peut avoir un impact positif sur l'obésité ou le diabète d'un sujet, et une réduction de la dépendance à l'alcool peut permettre de réduire les troubles du sommeil. L'objectif de cette étape est donc de sélectionner la liste des actions correspondant aux recommandations en tenant compte de la situation clinique afin de cibler les comportements à changer chez un utilisateur. L'ensemble des actions utilisées dans notre protocole de recommandations est extrait des sources précédemment citées. Ainsi, si l'on reprend notre exemple de l'étape 1 dans lequel le comportement de l'utilisateur était [0-1-0-1] en association avec la présence d'un diabète, la liste d'actions résultante sera un lien vers « tabac info service » et « Bouger plus ».

Étape 3 : Sélectionner une liste d'interventions numériques de santé. Nous avons identifié une liste de leviers de e-santé issue de la littérature. L'élaboration de cette liste de services connectés tels que les services de messagerie SMS, et les applications sur smartphones, nous a servi d'exemples. Puis nous avons réalisé une revue systématique relative aux tendances en fonction du type de comportements ou de facteur de risque associées au risque cardiovasculaire. Dans le cadre de notre protocole, un levier de e-santé est affecté à un utilisateur si, et seulement si, ce dernier prend en compte un facteur de risque que l'utilisateur indique comme présent. Ces leviers sont donc en théorie adaptés à l'utilisateur car répondant à ses besoins spécifiques. Tous les leviers qui ne correspondent pas aux critères de l'utilisateur sont exclus. Pour revenir à notre exemple, pour notre utilisateur [0-1-0-1] souffrant de diabète, le premier résultat par filtrage présente une liste des types de services de levier e-santé actuel et émergent, à lire, ou à connecter ; et des appareils connectés spécifiques à son profil clinique comme un « glucomètre connecté ».

Étape 4 : Sélectionner une liste de dispositifs de santé connectés appropriés pour réaliser les actions parmi lesquelles sont identifiés des leviers personnalisés considérés plus efficaces par rapport à leur sexe, leurs critères sociaux ou leur âge.

L'informatisation d'un tel système d'aide à la décision nécessite préalablement une préparation, une modélisation et une vérification à l'aide du Langage de Modélisation Unifié (UML) (Fouque M, 2019), puis la mise en œuvre du système.

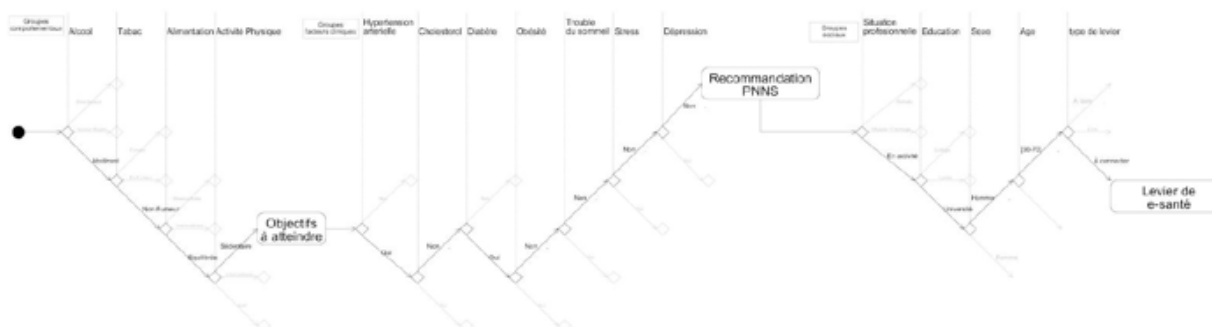


Figure 33 : Exemple du cheminement du système aux différentes étapes (Fouque M 2019)

La Figure 33 illustre le cheminement du système, réponses aux questionnaires, détermination des recommandations, détermination des leviers personnalisés, et la sélection des INS. L'étape « objectif à atteindre » correspond aux comportements à changer. L'étape « recommandations PNNS4 », consiste à la détermination des recommandations à destination du répondant. L'étape « levier d'e-santé » représente la sélection des INS personnalisées, qui vise à permettre à l'utilisateur de l'aider à mettre en place des actions pour changer de comportements.

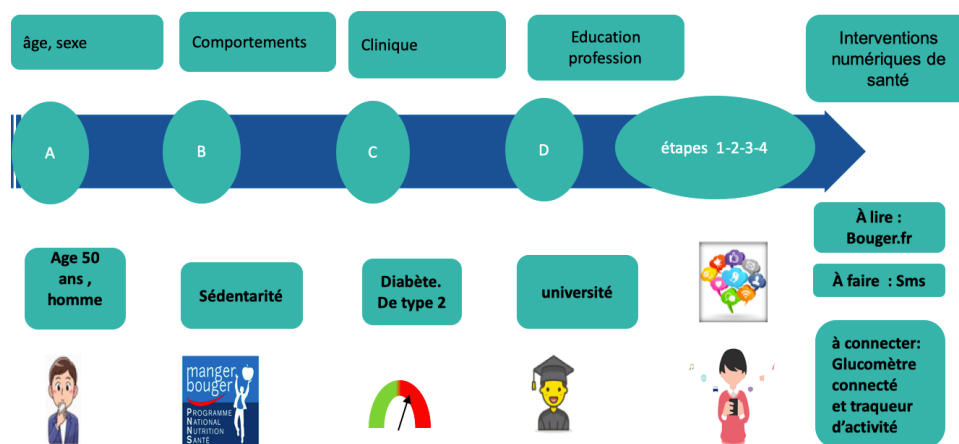


Figure 34: Exemple d'une persona⁴⁴ pour un scénario d'usage

La Figure 34 est un exemple du choix d'interventions numériques de santé à lire, à faire et à connecter pour un homme de 50 ans avec un niveau d'éducation universitaire, sédentaire et avec un diabète de type 2. Dans notre exemple, l'utilisateur est un homme, âgé de 50 ans et appartenant à une catégorie sociale favorable ; la liste des services de santé connectés proposée par notre protocole sera le SMS, les applications de réseau social et le glucomètre connecté. Les fonctionnalités attendues de l'application sont :

⁴⁴ Persona c'est un modèle d'utilisateurs, qui a des caractéristiques précises qui déterminent des cas d'usage. La méthode des persona a été créée par Alan Cooper.

- Visualiser les tendances de comportements d'une personne (consommation d'alcool, tabagisme, alimentation déséquilibrée, sédentarité) après que celle-ci ait répondu à des questionnaires modélisés dans l'application.
- Proposer en fonction de ces comportements et des facteurs de risque cliniques de cette personne (hypertension, dyslipidémie, diabète de types 2, obésité, troubles du sommeil, dépression, stress), les recommandations en vigueur issues des ressources institutionnelles à jour (PNNS 4, etc.)
- Déterminer des types d'interventions numériques de santé pour véhiculer les bons messages de prévention et aider à modifier des comportements si nécessaire (selon les recommandations).

4.1.2 Spécification technique

L'application réalisée est divisée en plusieurs programmes fonctionnant séparément. Java FX est un cadre d'application et une bibliothèque d'interface utilisateur permettant aux développeurs Java de créer une interface graphique pour des applications de bureau, des applications Internet riches et des applications smartphones et tablettes tactiles. Cet environnement permet de réaliser plus facilement et donc plus rapidement une interface graphique pour téléphone mobile et tablette. (Brandi M, 2019).

Gluon mobile est un outil permettant de compiler et de déployer une application Java sur PC ou Mac ; et de produire plusieurs versions de l'application pour ses différents supports depuis le même code source. Au vu du besoin potentiel de fournir l'API à des industriels, il a été assez naturel de choisir une structure Modèle-Vue-Contrôleur. En effet, en plus de tous les avantages de ce choix de structure, cela permet très facilement le développement d'une nouvelle application en incluant le Modèle tel quel, contenant le modèle, les traitements des informations et la préparation des requêtes HTTP vers le serveur, et en remplaçant la vue et le contrôleur en fonction de l'application développée. Cela assure donc que le traitement des données de santé demeure inchangé en plus de faciliter le travail d'un futur développement. Les différents utilisateurs ayant accès à l'application développée dans le cadre de cette thèse peuvent être soit : des utilisateurs de l'application, soit des opérateurs ou des administrateurs possédant des droits propres à leurs responsabilités et missions. L'opérateur et administrateur possèdent deux tables différentes, car il est probable dans le futur que ces deux groupes se voient ajouter des attributs différents.

4.2 Implémentation de l'application Prevent Connect

4.2.1 Architecture du système

Nous avons implémenté les différents questionnaires sous la forme d'une application mobile utilisant une base de données MySQL représentée en Figure 35 *infra*.

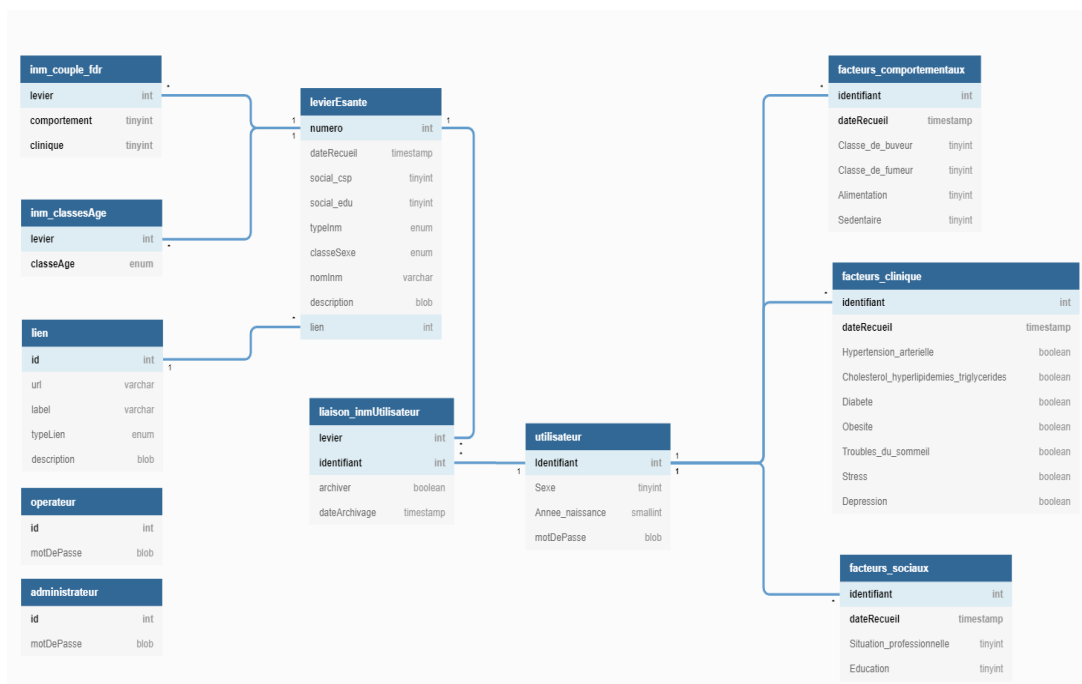


Figure 35: Base MySQL

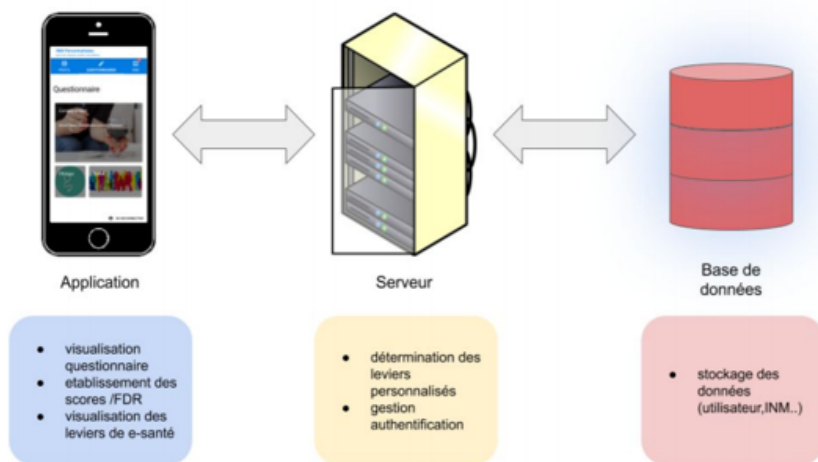


Figure 36: Architecture du système (Fouque M, 2019)

L'application *Prevent Connect* est capable de lire les données de la base de données, d'automatiser le traitement de ces dernières et de fournir un fichier contenant les données calculées pour chaque personne enregistrée dans la base de données utilisateur. Un programme en langage Java a été utilisé pour lire les informations depuis le fichier Excel, effectuer le traitement de chaque personne correspondant à une ligne sur le fichier, et générer un fichier de sortie présentant les différentes informations utilisées pour le traitement. (Brandi M, 2019).

L'ensemble de ce travail d'équipe a permis le développement, la création, et la mise en place de l'application mobile *Prevent Connect* avec un processus de sélection des recommandations associées à une liste d'interventions numériques de santé bien définis.

4.2.2 Test unitaires pour évaluation technique

Afin de tester les évaluations des données de sortie et les performances du serveur, un outil Web minimaliste en Figure 37 *supra* a été utilisé dans le but de générer un nombre donné d'occurrences virtuelles dans la base de données utilisateur à partir de questionnaires complétés de manière aléatoire.

<i>donnée d'entrée</i>	Sexe-Age clinique	classe fumeur alimentation	classe buveur activité physique	Profession- éducation
<i>donnée sortie</i>	Objectifs Quadruplet	Recommandations PNNS4 Alcool info-service Tabac info-service		Interventions numériques santé Leviers de m-santé à lire, à faire, à connecter

Tableau 10 : données d'entrée et de sortie

Figure 37: Génération randomisée d'un jeu de donnée (Brandi M., 2019)

4.3 Parcours utilisateur de l'application Prevent Connect

4.3.1 maîtrise des données

La Figure 38 concerne l'information sur le droit des personnes sur leurs données⁴⁵ et sur la sécurité des données. Cette étape a pour but d'informer si des données concernant les utilisateurs de l'application sont traitées et de l'informer dans un format compréhensible de son :

- droit d'accès à leurs données
- droit de rectification
- droit d'opposition
- droit d'effacement
- de sécurité de leurs données

De nouveau droit existe avec le règlement général sur la protection des données (RGPD)⁴⁶ article 20 :

⁴⁵<https://atelier-rgpd.cnil.fr/core/manager/index/index>:

⁴⁶ <https://www.cnil.fr/fr/la-cnil-lance-sa-formation-en-ligne-sur-le-rgpd-ouverte-tous>

- droit à la portabilité⁴⁷
- droit à la limitation du traitement
- droit de ne pas faire l'objet d'une décision exclusivement fondée sur un traitement automatisé

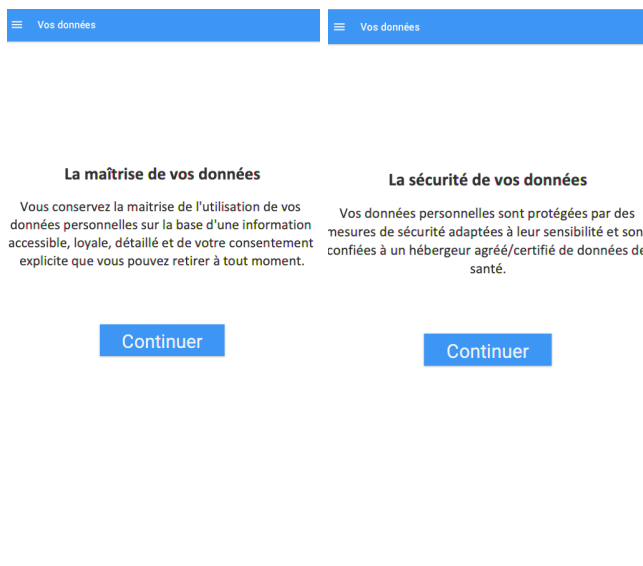


Figure 38: Captures d'écran sur l'information sur la sécurité des données (Brandi M, 2019)

Lorsqu'un utilisateur exerce son droit de rectification, d'effacement, ou de limitation le responsable de traitement doit en informer tous les organismes à qu'il a transmis les données personnelles. Dans le cadre d'une démarche éthique, il faudrait mettre en place des ateliers de construction des livrables avec l'écosystème dans le principe de transparence, de collaboration, de participation et d'éthique. (doctrine technique du numérique en santé, 2019).

4.3.2 Parcours utilisateur

La Figure 39 illustre comment un utilisateur peut se connecter à un serveur distant. Ensuite, il sera invité à entrer ses informations pour établir son profil de comportement clinique et social. Par exemple, les captures d'écran *infra* permettent d'avoir accès aux questionnaires, au résumé du comportement et aux leviers proposés.

⁴⁷ voir glossaire

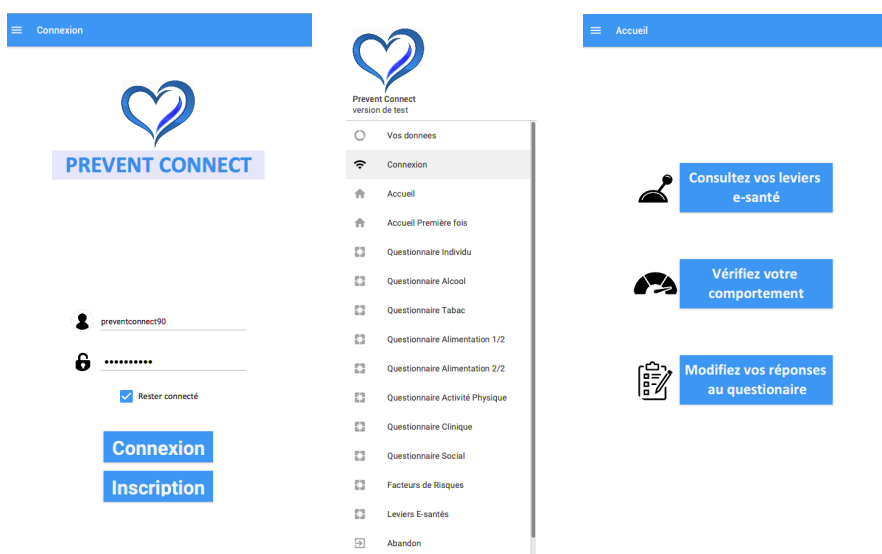


Figure 39: Captures d'écran de l'interface d'accueil utilisateur : établissement d'un profil utilisateur (Brandt M, 2019)

Les Figures 40,41,42,43 et 44 sont des captures d'écran des questionnaires remplis par l'utilisateur pour évaluer son comportement. L'ensemble des questionnaires du chapitre 3 ont été adaptés au format de l'application.

Figure 40: Captures d'écran du questionnaire clinique (Brandt M, 2019)

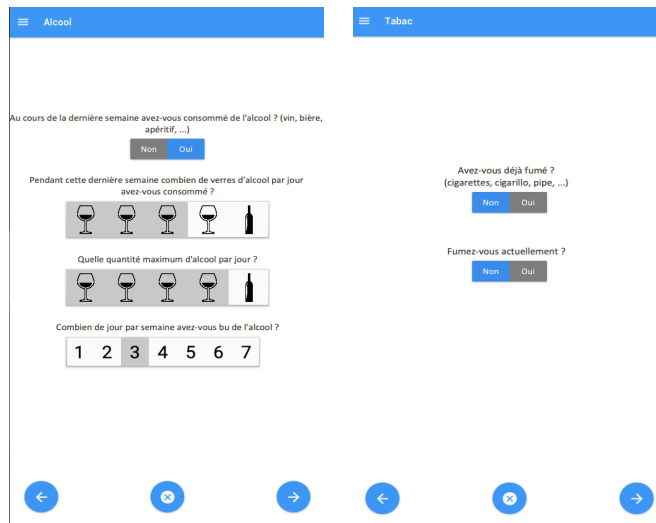


Figure 41: Captures d'écran du questionnaire consommation alcool et tabac (Brandi M, 2019)

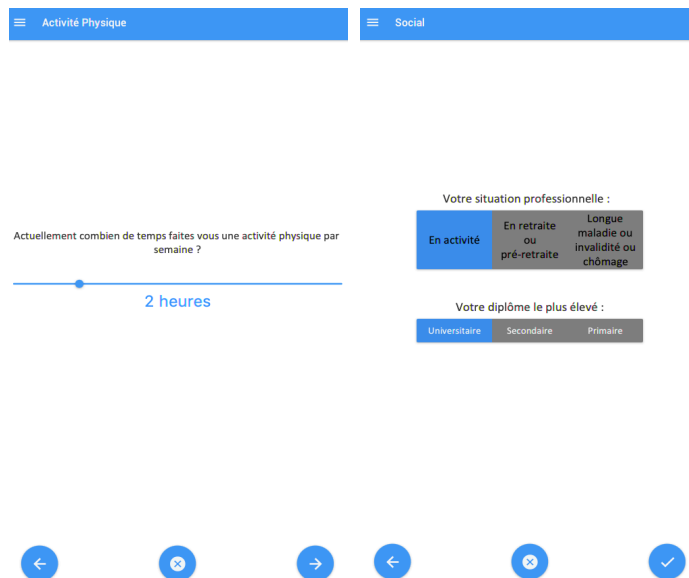


Figure 42 : Captures d'écran des questionnaires activité physique et social (Brandi M ,2019)

Figure 43: Captures d'écran du questionnaire alimentation (Brandi M, 2019)

Figure 44 : Captures d'écran du bilan du comportements (Brandi M, 2019)

Ensuite, dans l'interface de recommandation, l'utilisateur peut consulter son évaluation des comportements à risque. Par exemple, ici, l'utilisateur peut consulter des recommandations pour l'aider à faire une activité physique et à réduire sa consommation d'alcool.

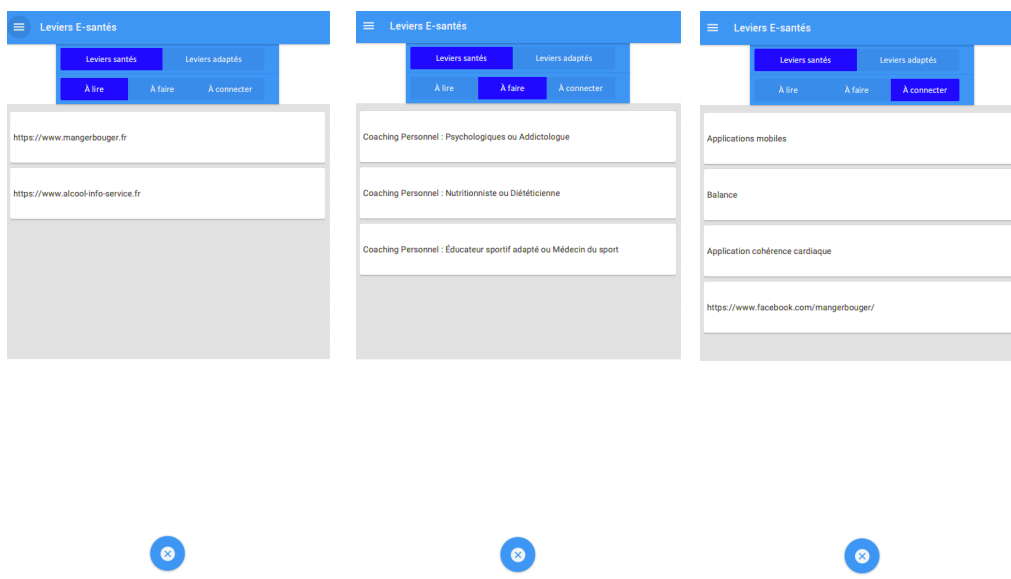


Figure 45 : Captures d'écran des leviers de m-santé proposés (Brandi M, 2019)

La Figure 45 montre un exemple de l'interface du choix d'interventions numériques de santé, l'utilisateur peut consulter une liste d'interventions numériques ciblées et personnalisées en fonction de ses comportements à risque.

- leviers m-santé à lire : liste de sites à consulter *mangerbouger.fr* et *alcohol-info-service.fr*
- leviers m-santé à faire : un accompagnement de type coaching pour une activité physique adaptée ou aller consulter un médecin du sport
- leviers m-santé à connecter : une application avec un traqueur d'activité, une balance connectée.

4.3 Conclusion du chapitre

Nous avons détaillé le processus des 4 étapes pour obtenir une sélection d'interventions numérique de santé adaptées. La prochaine étape consiste à ajouter la collaboration des utilisateurs finaux dans la vie réelle. Une étude à grande échelle centrée sur l'utilisateur sera obligatoire, une attention particulière étant accordée à l'expérience utilisateur, l'ergonomie occupant une place importante dans une application destinée aux personnes plus susceptibles d'être exposées à un risque cardio-vasculaire. Une fois ciblée sur les individus, notre application permet d'améliorer la connaissance et le suivi des recommandations.

Chapitre 5

Évaluation de l'ergonomie de l'application mobile Prevent Connect d'aide à la prévention personnalisée du risque cardio-vasculaire

5.1 Protocole d'évaluation de la qualité et de l'ergonomie de l'application mobile

5.1.1 Type d'étude et plan expérimental

5.2 Résultats de l'évaluation de l'application Prevent Connect

5.2.1 Description du panel des évaluateurs

5.2.2 Qualité de l'application Prevent Connect

5.3 Discussion et conclusion du chapitre

Ce chapitre présente la mise en place et les résultats de l'évaluation de l'ergonomie de l'application *Prevent Connect* par des utilisateurs finaux témoins avec l'échelle uMARS et des commentaires libres et des groupes de discussion en ligne.

Le protocole a été soumis au comité d'éthique **INSERM (CD/EB 20-023, n°20-660, IRB000388, IORG0003254, FWA0005831)** et validé le **07 Février 2020**. (Cf. annexe D1)

Article

- Agher D, Sedki K, Despres S, Albinet JP, Jaulent MC Tsopra R "Prevent Connect" app, a mobile application for helping to change behaviors and prevent cardiovascular diseases: A user-centered study in primary care.

Article en cours de soumission le 11/11/2020 dans JMIR (The Journal of Medical Internet Research).

Évaluation de l'ergonomie de l'application mobile *Prevent Connect*

L'application déployée, la confrontation aux retours critiques des utilisateurs est l'une des étapes les plus importantes dans l'amélioration d'une application en vue de sa mise à jour pour : l'amélioration de l'interface utilisateur (apparence, outils d'aide, explications) ; erreurs pouvant survenir en cours d'utilisation, n'ayant pas été identifiées lors de l'étape préalable au déploiement.

5.1 Protocole d'évaluation de la qualité et de l'ergonomie de l'application mobile

L'objectif principal est d'évaluer la qualité et l'ergonomie de notre application mobile qui intègre un système d'aide à la décision pour le choix d'interventions numériques de santé. Ce chapitre présente le protocole et les résultats de l'évaluation de l'ergonomie et la qualité de cette application à l'aide du questionnaire « Users Mobile Rating Scale » (uMARS) (Stovanov SR et al., 2015) combiné à un questionnaire de satisfaction auprès de futurs utilisateurs en vue d'identifier les améliorations à apporter.

5.1.1 Type d'étude et plan expérimental

Nous avons procédé à une évaluation de la qualité⁴⁸ de l'application en demandant aux futurs utilisateurs potentiels de tester et d'évaluer l'application. Nous avons organisé 20 sessions en ligne avec 1 à 5 utilisateurs. Chaque session a commencé par une démonstration de l'application, puis par le test de l'application par des évaluateurs. À la fin de la période de test, les opinions des évaluateurs ont été recueillies sous forme électronique et lors de discussions ouvertes.

L'évaluation se déroule **en 5 étapes** d'une durée totale estimée en moyenne à **45 min** :

L'évaluation a été réalisée en ligne et a duré entre 30 minutes et 1 heure, selon les sessions. Elle a suivi un processus en 5 étapes :

À l'étape 1, les évaluateurs ont rempli un formulaire en ligne sur les informations sociodémographiques. Les questions ont été adaptées pour garantir l'anonymat, et aucune information personnelle n'a été enregistrée (par exemple, l'âge a été demandé sous forme d'intervalle d'âge pour éviter toute ré-identification).

À l'étape 2, les évaluateurs ont regardé une courte démonstration de l'application.

À l'étape 3, les évaluateurs ont utilisé et testé l'application. Ils étaient libres de tester l'application comme ils le souhaitaient. Les étapes 1,2 3 sont détaillées en annexes D2-3.

À l'étape 4, les évaluateurs ont rempli le formulaire en ligne de l'uMARS *infra* et ont répondu à 3 questions supplémentaires sur la satisfaction. Le formulaire uMARS contient 26 éléments pour évaluer la qualité de l'application : 5 éléments concernent l'engagement de l'application, 4 éléments concernent la fonctionnalité de l'application, 3 éléments concernent l'esthétique, 4 éléments concernent l'information sur l'application, 4 éléments concernent la qualité subjective de l'application et 6 éléments concernent l'impact perçu de l'application. **La qualité globale** de l'application est ensuite évaluée en calculant un score moyen d'éléments uMARS pour les catégories engagement, fonctionnalité, esthétique et information.

- Section A : Score moyen de l'engagement
- Section B : Score moyen de la fonctionnalité

⁴⁸ https://www.has-sante.fr/jcms/c_2681915/fr/referentiel-de-bonnes-pratiques-sur-les-applications-et-les-objets-connectes-en-sante-mobile-health-ou-mhealth

- Section C : Score moyen l'esthétique
- Section D : Score moyen de l'information présente dans le système

La note moyenne de qualité est obtenue par la moyenne des sections A à D.

Le questionnaire de l'échelle uMARS de l'étape 4 est présentée *infra* :

Section A

Est-ce que l'application vous donne envie de l'utiliser ?

- Pas attractive du tout
- Surtout ennuyeuse
- Assez attractive pour divertir l'utilisateur pendant un bref moment (<5 minutes)
- Modérément attractive, divertirait l'utilisateur pendant un certain temps (5 à 10 minutes au total)
- Très divertissante et attractive, encouragerait une utilisation fréquente
- Est-ce que l'application est intéressante à utiliser ?
- Pas intéressante du tout
- Sans intérêt
- Ni intéressante ni sans intérêt, engagerait l'utilisateur pendant un bref moment (<5 minutes)
- Moyennement intéressante, engagerait l'utilisateur pendant un certain temps (5-10 minutes au total)
- Très intéressante, impliquerait l'utilisateur dans une utilisation fréquente

Est-ce qu'elle fournit toutes les options de personnalisation ?

- N'autorise aucune personnalisation ou nécessite la saisie d'un paramètre à chaque fois
- Ne permet pas une personnalisation suffisante
- Permet la personnalisation de base pour fonctionner correctement
- Permet de nombreuses options de personnalisation
- Permet une adaptation complète aux caractéristiques et/ou préférences de la personne

Est-ce qu'elle permet à l'utilisateur d'entrer des données ?

- Pas de fonctions interactives et / ou pas de réponse aux interactions de l'utilisateur
- Interactivité insuffisante
- Fonctions interactives de base pour fonctionner correctement
- Offre une variété de fonctionnalités interactives /notifications
- Très haut niveau de réactivité grâce aux fonctionnalités interactives

Est-ce que le contenu de l'application (information visuelle, langage, design) est approprié pour l'audience ciblée ?

- Complètement inapproprié
- Inapproprié
- Acceptable mais non ciblé
- Approprié avec quelques améliorations
- Parfaitement ciblé, aucun problème trouvé

Section B

L'application est-elle fonctionnelle ?

- Application ne donne pas de réponse ou insuffisante ou inexacte (problèmes d'affichage)
- Certaines options fonctionnent, mais avec un retard ou des problèmes techniques majeurs
- Application fonctionne globalement. Certains problèmes techniques doivent être résolus, lent par moments

- Principalement fonctionnelle avec quelques problèmes mineurs
- Aucun problème technique trouvé

Est-il facile d'apprendre à utiliser l'application ?

- Non, les instructions sont limitées et les menus sont compliqués
- Utilisable après beaucoup de temps
- Utilisable après un certain temps
- Facile à apprendre à utiliser et les instructions sont claires
- Capable d'utiliser l'application immédiatement, intuitive et facile

Est-ce que la navigation est logique, précise, non-interrompue ?

Difficile

- Utilisable après beaucoup de temps
- Utilisable après un certain temps
- Facile à utiliser et à naviguer
- Parfaitement logique, facile, clair et intuitive et offre des raccourcis

Est-ce que le fonctionnement des icônes est conforme et intuitif ?

Totalement incohérent

- Souvent incohérent
- Avec quelques incohérences
- Principalement cohérent ou intuitif avec des problèmes négligeables
- Parfaitement cohérent et intuitif

Section C

Est-ce que la disposition et la taille des icônes/menus/contenu de l'écran sont appropriées ?

- Très mauvais design, certaines options impossibles à sélectionner, l'affichage pas optimisé
- Mauvaise conception, aléatoire, incertain, certaines options difficiles à sélectionner
- Satisfaisante, quelques problèmes de sélection ou de visualisation d'éléments, des problèmes mineurs de taille d'écran
- Presque clair, capable de sélectionner ou de visualiser des éléments
- Professionnel, simple, clair, affichage optimisé.

Quel est la qualité du graphisme de l'application (icônes, menus, boutons, contenu...) ?

- Graphisme très mauvais
- Graphisme de qualité médiocre
- Graphisme de qualité moyenne
- Graphisme de haute qualité
- Graphisme très haute qualité

Comment trouvez-vous le visuel de l'application ?

- Aucun attrait visuel, désagréable à regarder, couleurs mal conçues
- Attrait visuel minime, mauvaise conception, mauvaise utilisation de la couleur
- Attrait visuel moyen, ni agréable ni déplaisant
- Niveau élevé d'attrait visuel, cohérent et conçu par des professionnels
- Très attrayant

Section D

Est-ce que l'application présente un contenu pertinent et adapté à l'objectif ?

- Absence d'information dans l'application
- Non pertinent

- Médiocre à peine pertinent
- Modérément pertinent
- Pertinent
- Très pertinent

Est-ce que l'information est compréhensible et concise ?

- Absence d'information dans l'application
- Insuffisante
- Moyenne
- Complète, mais présente des lacunes ou des détails inutiles et n'a aucun lien vers des ressources
- Complète et concise et contient des liens vers plus d'informations et de ressources

Est-ce que les images utilisées sont claires, logiques et correctes ?

- Pas d'images dans l'application⁴⁹
- Complètement non pertinentes
- Généralement non pertinentes
- Moyennement claires
- Généralement claires
- Parfaitement claires

Est-ce que l'information de l'application provient d'une source crédible ?

- Absence d'informations dans l'application⁵⁰
- Source suspecte
- Manque de crédibilité
- Pas suspecte mais la crédibilité de la source n'est pas confirmée
- Provient peut-être d'une source crédible
- Provient d'une source crédible

Section E est une échelle de qualité subjective qui peut être rapportée sous forme d'éléments individuels ou de note moyenne, en fonction des objectifs de la recherche. Dans notre cas nous avons :

Est-ce que vous recommanderiez cette application à des personnes qui pourraient en tirer un bénéfice ?

- Pas du tout
- Il y a très peu de personnes
- Peut-être à quelques personnes
- Certainement à beaucoup de personnes
- Oui à tout le monde

Combien de fois pensez-vous utiliser cette application dans les 12 prochains mois ?

- Aucune fois
- 1-2
- 3-10
- 10-50
- >50

Paieriez-vous pour cette application ?

⁴⁹ N/A

⁵⁰ N/A

Non

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Oui

Quel est de manière globale la note que vous attribueriez à cette application ?

L'une des pires

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

L'une des meilleurs

Section F permet d'obtenir les éléments de l'impact perçu peuvent être ajustés et utilisés pour obtenir des informations sur l'impact de l'application sur les connaissances, les attitudes et les intentions de l'utilisateurs par rapport à la cible comportement en manière de santé. La notation est de « 1 pour fortement en désaccord » à 5 « pour tout à fait d'accord » pour les points suivants :

- Cette application est susceptible de sensibiliser davantage à l'importance de la prévention personnalisée du risque cardio-vasculaire.
- Cette application est susceptible d'accroître la connaissance et la compréhension de la prévention personnalisée du risque cardio-vasculaire.
- Cette application est susceptible de changer les attitudes pour l'amélioration des habitudes de vie.
- Cette application est susceptible d'augmenter la motivation pour le changement des habitudes de vie.
- L'utilisation de cette application est susceptible d'encourager une aide supplémentaire à la recherche de solutions d'e-santé.
- L'utilisation de cette application entraîne probablement une aide au changement du comportement.

À l'étape 5, les évaluateurs ont été invités à discuter librement en *focus group*⁵¹. Ils ont pu donner librement leur avis et discuter ensemble de l'application.

⁵¹ voir glossaire

Le Tableau 11 *infra* résume l'organisation et la logistique pour les différentes actions.

<i>Étape</i>	Action
Définir le sujet à traiter	Protocole Questionnaire uMARS : étape 4 (Tableau des réponses en annexe D4). Questionnaire de satisfaction : étape 5 Groupe de Discussion : <i>focus groups</i> (Tableau des réponses en annexe D5).
Identifier un lieu pour le groupe de discussion, choisir un site qualifié et expérimenté	Canaux de recrutements en ligne et bouche à oreille
Identifier, recruter et inviter les participants	Entretien téléphonique Mails Bouche-à-oreille Diffusion par les acteurs identifiés
Confirmer les sessions	Mails, téléphone, bouche-à-oreille

Tableau 11: Organisations et logistiques

L'anonymat ainsi que la non-conservation de données personnelles identifiables sont respectés. Aucune information personnelle n'est demandée ou enregistrée (ex. : nom, prénom, date de naissance). Nous avons aussi adapté les questions de manière à ne pas recueillir de l'information identifiable. Par exemple, au lieu de demander l'âge, nous demandons de sélectionner une tranche d'âge. Le recrutement d'un volontaire est conditionné par le respect des critères d'inclusion et de non-inclusion. Les données des réponses sont stockées pour l'analyse, mais aucune donnée à caractère personnelle n'a été enregistrée. Les évaluateurs ont été recrutés en ligne sur un site web dédié ([houblon.limics.upmc.fr/Prevent Connect](http://houblon.limics.upmc.fr/PreventConnect)), et par bouche à oreille, du 15 avril au 15 juin 2020. Pour participer, les évaluateurs doivent avoir plus de 18 ans et ne pas être traités pour une maladie cardiovasculaire (par exemple, accident vasculaire cérébral, maladie coronarienne). Ils devaient également signer un formulaire d'accord de participation en ligne et accepter de participer sans aucune rémunération.



Figure 46: recrutement et évaluation en ligne

5.2 Résultats de l'évaluation de l'application *Prevent Connect*

5.2.1 Description du panel des évaluateurs

52 personnes ont testé et évalué l'application. 28 étaient des femmes et 24 des hommes. Ils avaient entre 18 et 69 ans et étaient issus de différentes classes professionnelles. La plupart d'entre eux étaient familiarisés avec les solutions numériques et utilisaient un smartphone, une tablette ou un ordinateur portable au moins une fois par semaine. La moitié d'entre eux ont déclaré avoir déjà utilisé un objet connecté, principalement avec une application ; et seulement 14% ont déclaré avoir déjà évalué leur risque cardiovasculaire. Les caractéristiques socio démographiques sont présentées dans le Tableau 12 et annexe D4.

Caractéristiques	Évaluateurs	Pourcentage % (Nombre)
Genre	Femme	54% (28/52)
	Homme	46% (24/52)
Age (ans)	18-24	15% (8/52)
	25-34	44% (23/52)
	35-49	31% (16/52)
	50-69	10% (5/52)
Catégories Socio - professionnelles	Étudiant	21% (11/52)
	Cadre	46% (24/52)
	Ouvrier	4% (2/52)
	Profession libéral	17% (9/52)
	Sans -emploi	8% (4/52)
	Retraite	4% (2/52)
Utilisation \geq 1 par semaine	Un ordinateur	4% (2/52)
	Un smartphone	8% (4/52)
	Un smartphone, Un ordinateur	56% (29/52)
	Un smartphone, Une tablette numérique	4% (2/52)
Fréquence d'utilisation de l'objet connecté (présent ou passé)	Un smartphone, Une tablette numérique, Un ordinateur	29% (15/52)
	Oui, \Rightarrow 1jour	19% (10/52)
	Oui, \Rightarrow 1semaine	13% (7/52)
	Oui, \Rightarrow 1mois	8% (4/52)
Modalités d'utilisation des objets connectés avec	Oui, $<$ 1mois	12% (6/52)
	Non	48% (25/52)
	Professionnel de santé	2% (1/52)
	Application	44% (23/52)
Évaluation du risque cardiovasculaire (présent ou passé)	Professionnel et application	4% (2/52)
	Non connecté	2% (1/52)
	Oui, $<$ 1mois	13% (7/52)
	Non	86% (45/52)
Modalités d'évaluation du risque cardiovasculaire avec	Professionnel de santé	6% (3/52)
	Application	4% (2/52)
	Site internet	2% (1/52)
	Score	2% (1/52)

Tableau 12: Caractéristiques sociodémographiques du panel utilisateur témoin

6.2.2 Qualité de l'application Prevent Connect

Le score moyen total de l'application était de 4 sur l'échelle uMARS. Le détail du calcul du score globale est en annexe D4 Tableau 21.

La Figure 47 synthétise les résultats des différentes réponses de la section A "l'Engagement". La note moyenne de l'échelle uMARS était de 3,7 (σ^{52} : 0,7). Plus de trois quarts des évaluateurs ont trouvé l'application intéressante et appropriée pour le public cible ; et plus de la moitié ont trouvé l'application amusante et divertissante (Tableau 13, commentaire 1). Un évaluateur a expliqué que l'application était appropriée et accessible à tous, même aux personnes âgées qui

⁵² σ = Écart type standard

sont moins habituées aux applications (Tableau 13, commentaire 2). Cependant, moins de la moitié des évaluateurs ont trouvé l'application suffisamment interactive et personnalisable. Certains évaluateurs ont suggéré de rendre l'application plus interactive en ajoutant un *chatbot* et la possibilité de parler avec un expert, et aussi en ajoutant des rappels et des alertes sur les changements de comportement recommandés. Quelques évaluateurs suggèrent également de délivrer un message préventif chaque jour pour éduquer les gens. (Tableau 13, commentaire 3)

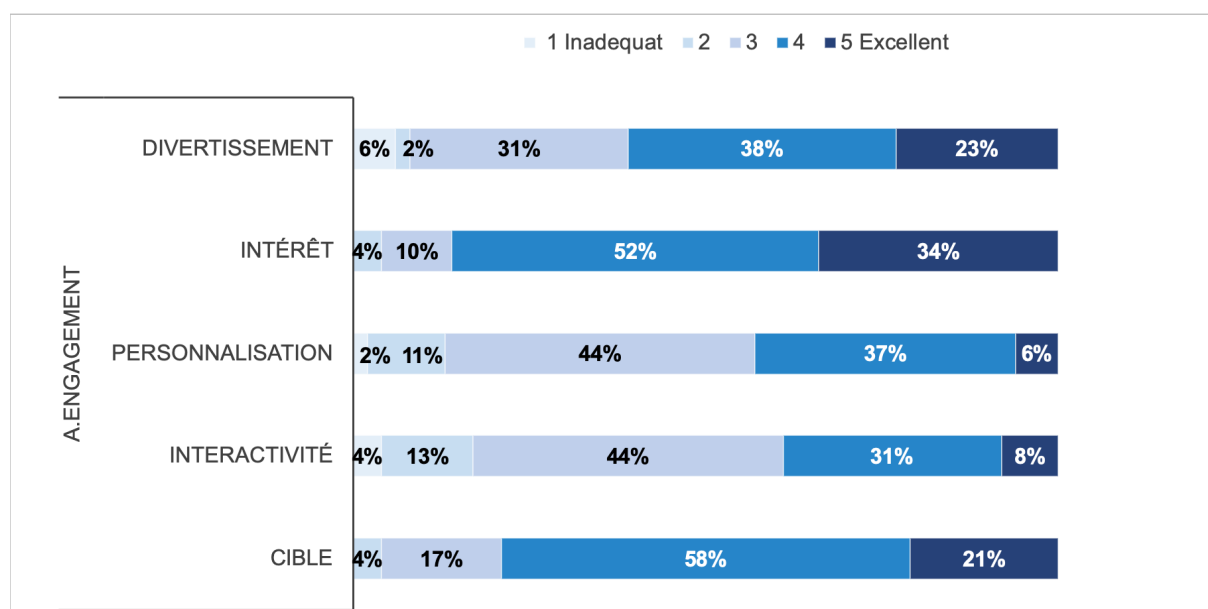


Figure 47 : Distribution des réponses des utilisateurs à l'échelle uMARS (section A) (n=52)

La Figure 48 synthétise les résultats des différentes réponses de la section B "la fonctionnalité". Le score moyen de l'uMARS était de 4,4 (σ : 0,6). Presque tous les évaluateurs ont apprécié la navigation et ont trouvé l'application facile à utiliser. Plus de 80% d'entre eux ont également apprécié les performances de l'application et sa conception (Tableau 13, commentaire 4). Les évaluateurs ont déclaré qu'ils ont trouvé l'application intuitive et très facile à utiliser, même si l'un d'entre eux a suggéré d'ajouter un tutoriel (Tableau 13, commentaire 5). Aucun des évaluateurs n'a déclaré de problèmes techniques pendant l'évaluation.

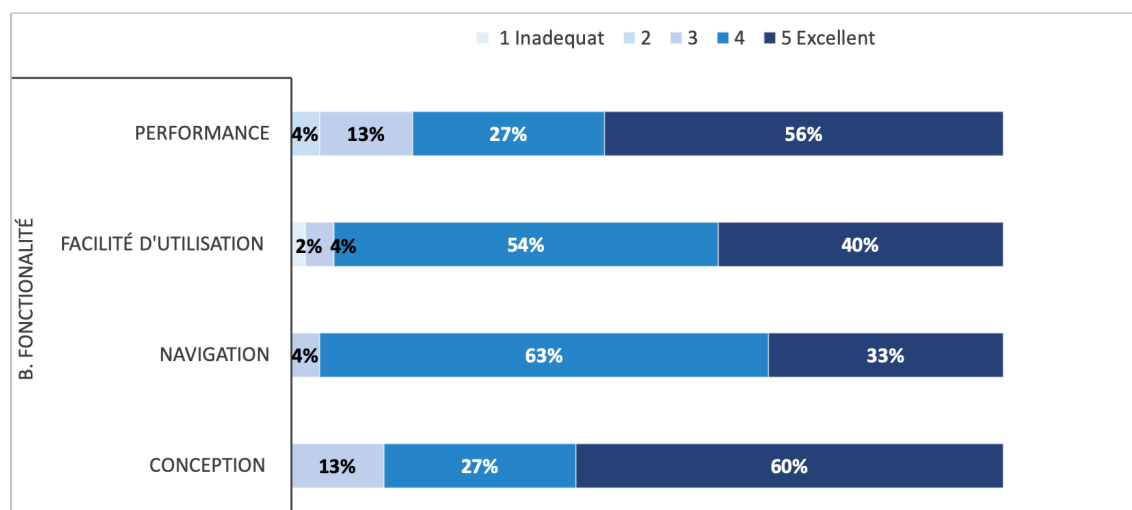


Figure 48 : Distribution des réponses des utilisateurs à l'échelle uMARS (section B) (n=52)

La Figure 49 synthétise les résultats des différentes réponses de la section C "l'esthétique". La note moyenne de l'uMARS était de 3,7 (σ : 0,6). Plus de trois quarts des évaluateurs ont trouvé la présentation appropriée. Cependant, moins de la moitié ont trouvé l'application suffisamment attrayante et de haute qualité graphique. Alors que certains évaluateurs ont trouvé le design et les couleurs adaptés à une application de santé, d'autres ont trouvé les couleurs non suffisamment attrayantes (Tableau 13, commentaire 7). Certains évaluateurs ont également suggéré d'améliorer l'esthétique en ajoutant davantage d'images en 3D, d'animations vidéo, de résumés, de pictogrammes (par exemple des flèches) (Tableau 13, commentaire 6).

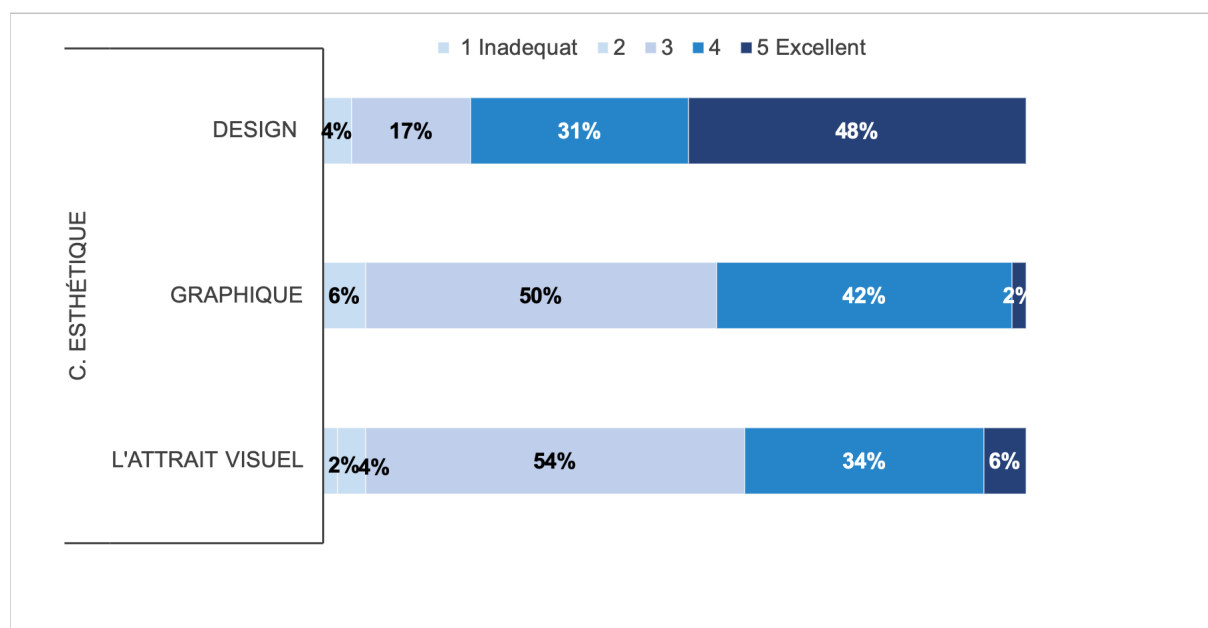


Figure 49: Distribution des réponses des utilisateurs à l'échelle uMARS (section C) (n=52)

La Figure 50 synthétise les résultats des différentes réponses de la section D "l'information-le contenu". La note moyenne de l'uMARS était de 4,2 (σ : 0,5). Plus de trois quarts des évaluateurs ont trouvé le contenu de l'application correct, pertinent, concis et complet (Tableau 13, commentaire 8). Les évaluateurs ont déclaré qu'ils ont trouvé le contenu intéressant, clair et soigné. Presque tous les évaluateurs ont également apprécié les visuels utilisés pour afficher les informations et ont eu confiance dans la crédibilité de la source utilisée pour construire le contenu de l'application (Tableau 10, commentaire 9). Un auteur a déclaré que cette application inspirait plus de confiance que celles disponibles sur les *App stores* (Tableau 13, commentaire 10). Certains évaluateurs ont suggéré d'améliorer les formulaires utilisés pour évaluer le risque cardiovasculaire, par exemple en ajoutant des questions plus précises sur les antécédents familiaux, la consommation de tabac et d'alcool, et les activités physiques ; en ajoutant des questions sur les drogues ; en facilitant les formulaires sur la nutrition. D'autres évaluateurs ont suggéré d'ajouter plus d'informations sur les produits laitiers, les activités sportives et les recettes de cuisine. Un évaluateur a également proposé d'ajouter des explications sur le corps et la physiologie humaine (par exemple, la physiologie du cœur).

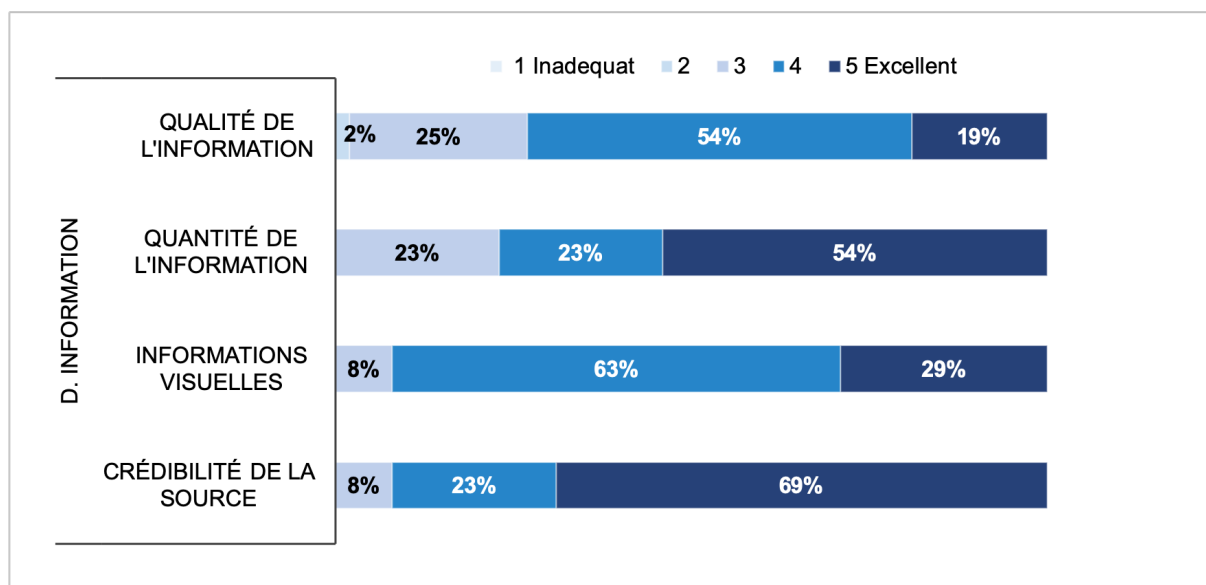


Figure 50: Distribution des réponses des utilisateurs à l'échelle uMARS (section D) (n=52, sauf pour la crédibilité de la source n=51, pour informations visuelles n=48.)

La Figure 51 synthétise les résultats en ce qui concerne E "l'opinion subjective" sur la qualité de l'application, 92 % des évaluateurs recommanderont l'application à au moins plusieurs personnes. 56% des évaluateurs ont également déclaré qu'ils utiliseront l'application plus de "3 à 10 fois", dans les 12 prochains mois, et 59% ont déclaré qu'ils ne la paieront pas. Enfin, 89% ont donné plus de 3 étoiles pour l'évaluation de l'application (Tableau 13, commentaire 11).

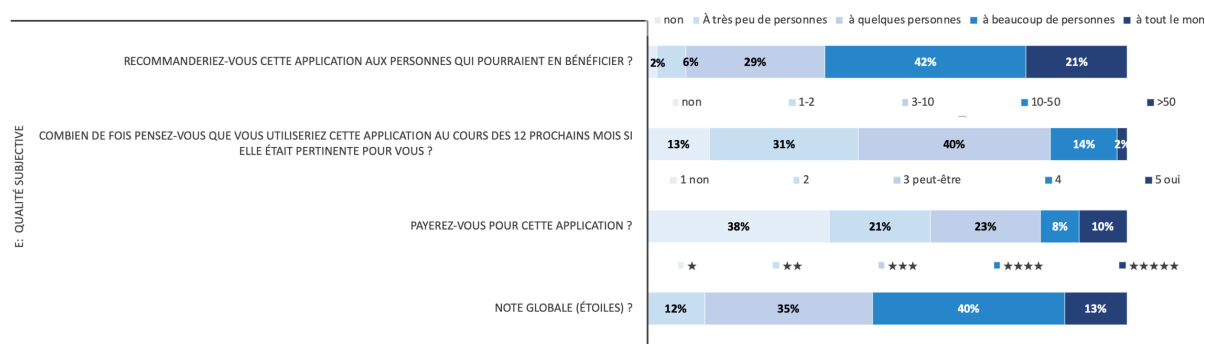


Figure 51: Distribution des réponses des utilisateurs à la demande de qualité subjective (section E) (n=52)

5.2.3 Impact perçu, domaines d'amélioration de la satisfaction globale

La Figure 52 synthétise les résultats en ce qui concerne la section F "l'impact perçu", 81% des évaluateurs ont déclaré que l'application les avait aidés à prendre conscience de l'importance de s'attaquer aux comportements liés à la santé, et 77% ont estimé qu'elle les avait aidés à améliorer les connaissances sur leur comportement. Certains évaluateurs ont expliqué que l'auto-évaluation des comportements permettait de mieux comprendre leurs modes de vie et leurs attitudes. Un évaluateur a également déclaré que cette prise de conscience pourrait encourager le changement de comportement pour prévenir les troubles de santé. (Tableau 13, commentaire 12). 67% ont également déclaré que l'application avait modifié leur attitude à l'égard de

l'amélioration du comportement en matière de santé, et 65% étaient plus motivés à changer de mode de vie, par exemple en faisant plus de sport ou en ayant une alimentation équilibrée. Un évaluateur a déclaré que l'application pouvait l'aider à atteindre ses objectifs personnels en termes de changements de comportement. En outre, 61% des personnes interrogées pensent que l'application contribuera à améliorer leur comportement en matière de santé et, si nécessaire, l'application encourage les personnes à demander une aide supplémentaire pour 73 % des évaluateurs. (Tableau 13, commentaire 13).

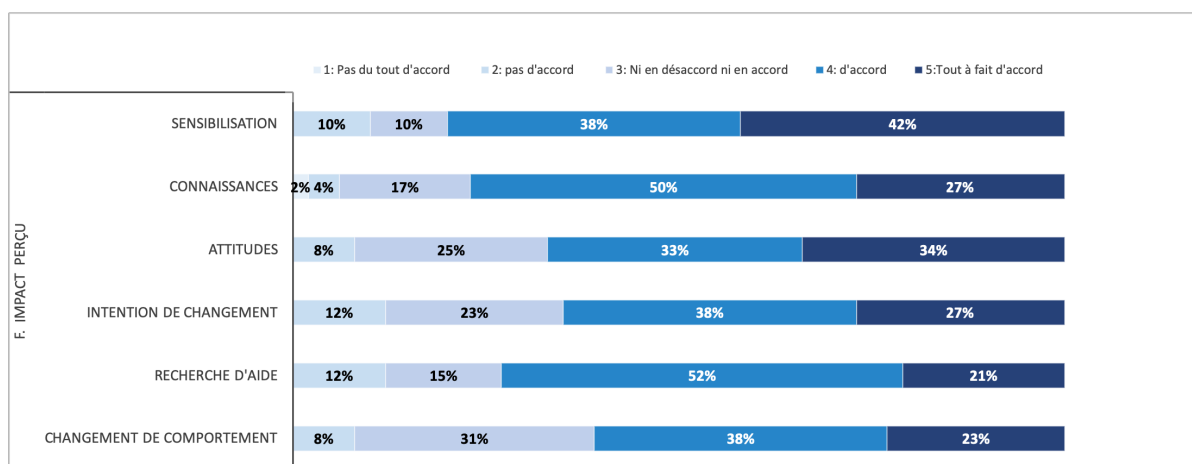


Figure 52: Distribution des réponses des utilisateurs à l'échelle uMARS à la perception de l'impact, domaines d'amélioration de la satisfaction globale (section F) (n=52)

La Figure 53 illustre la note moyenne des utilisateurs est de 4/5 à la question sur la sensibilisation de l'application dans la prévention du risque cardio-vasculaire. Cela montre que les utilisateurs pensent que l'application répond de manière plus que correcte son objectif de sensibilisation et de prévention.

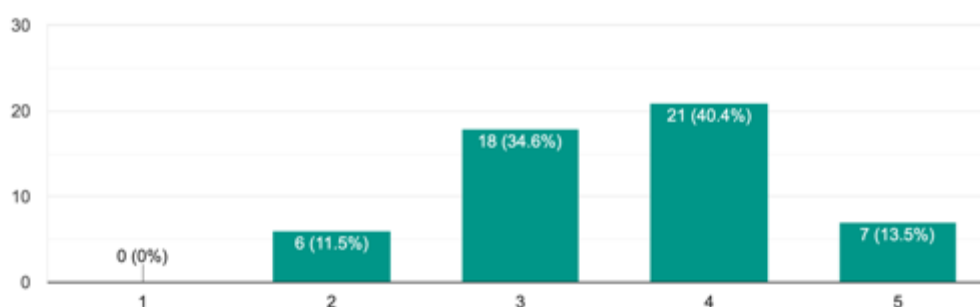


Figure 53: Réponses si l'utilisation de l'application Prevent est susceptible de sensibiliser à la prévention personnalisée du risque cardiovasculaire

La Figure 54 montre que les notes relatives à la capacité de l'application pour aider à changer de comportement donnent une note moyenne de 4/5. Cela montre que l'application est

relativement efficace, et que certaines améliorations peuvent être mises en place, sur le côté graphique, la fréquence et le format des messages de prévention et de recommandations à destination de l'utilisateur.

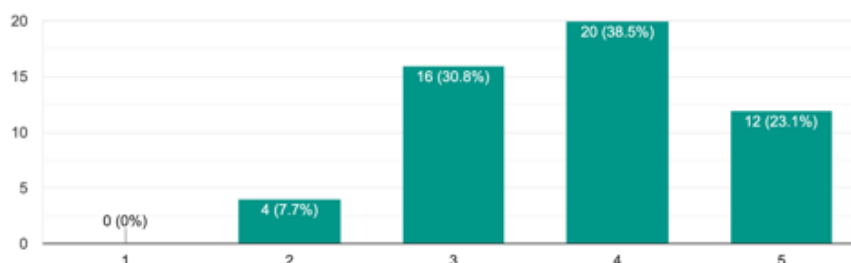


Figure 54: Réponses si l'utilisation de l'application Prevent Connect peut entraîner une aide au changement du comportement

La Figure 55 montre que la population test a répondu de manière éparse au sujet la proposition de la sélection des leviers d'intervention, avec 2 sujets sans opinion et 4 sujets pour lesquels ne trouvent pas d'intérêt, 13 sujets pour lesquels la liste des leviers proposée est moyennement bien ; 25 pour lesquels elle est bien ; et 8 pour lequel cette dernière est très bien. La majorité des utilisateurs de l'enquête d'évaluation de l'application semble satisfaite de cette liste. Les utilisateurs insatisfaits ou partiellement insatisfaits montrent que cet aspect de l'application peut être amélioré par l'intégration de nouveaux leviers d'intervention (proposer des recettes ; des menus types ; des objectifs concrets d'activité physiques...).

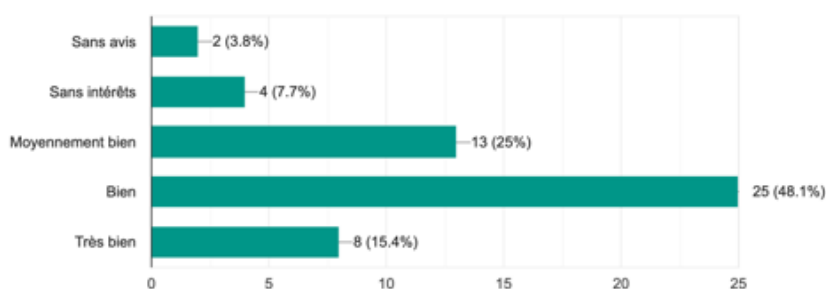


Figure 55: Réponses sur la liste des leviers d'INS proposée dans l'application Prevent Connect

En ce qui concerne la satisfaction globale, 55% des évaluateurs étaient pleinement satisfaits de l'application, et seulement 12 % ne l'étaient pas. Les autres étaient neutres. Presque tous les évaluateurs ont trouvé que les recommandations formulées étaient claires, et 63 % ont estimé que les changements de comportement recommandés étaient de bonne ou de très bonne qualité. En ce qui concerne les domaines à améliorer, certains évaluateurs ont suggéré d'étendre l'application au suivi cardio-vasculaire. Ils ont proposé d'ajouter de nouvelles fonctionnalités permettant de suivre leurs changements de comportement, par exemple des fonctions d'enregistrement des repas ou un suivi d'activité pour l'enregistrement des activités physiques.

Ils ont également suggéré d'afficher dans l'application les données collectées par le biais de leurs objets connectés (par exemple, les données de sommeil collectées avec une montre connectée). L'un d'entre eux a également proposé d'ajouter un avatar virtuel capable d'évaluer les progrès des changements de comportement au fil du temps.

Section	Sous -section	Commentaires des évaluateurs : groupe de discussion ou retour d'information
A. Engagement	Divertissement et intérêt	Commentaire 1 "L'application mobile est amusante et permet de faire une évaluation de nos comportements"
	Personnalisation et interactivité	Commentaire 2 "L'application pourrait être plus interactive et personnalisable avec un chatbot, la possibilité de parler avec un expert, mais aussi avec des rappels et des alertes sur les changements de comportement recommandés"
	Groupe cible	Commentaire 3 "L'application est appropriée et accessible à tous, même pour les personnes âgées qui sont moins habituées aux applications".
B. Fonctionnalité	Performance	Commentaire 4 "Je n'ai eu aucun problème technique quand j'ai utilisé l'application".
	Facilité d'utilisation et de navigation	Commentaire 5 "Très pratique et facile à utiliser. L'application permet de faire une évaluation rapide, mais encourage aussi à changer de comportement, par exemple en faisant plus de sport ou en adaptant la quantité de nourriture".
C. Esthétique	Mise en page	Commentaire 6 "L'esthétique pourrait être améliorée en ajoutant des images en 3D, des animations vidéo, des résumés, des pictogrammes (par exemple des flèches) et des émojis".
	Graphiques, visuels	Commentaire 7 "Les couleurs et les graphiques sont conformes à une application de santé. Même si la couleur bleue est actuellement utilisée pour les applications de santé, je préférerais une couleur verte".
D. Information	Qualité et quantité	Commentaire 8 " Le contenu de l'application est de bonne qualité (...). Le contenu est juste, pertinent, concis, intéressant, clair et soigné".
	Visuels	Commentaire 9 "En ce qui concerne le contenu de l'application, vous pourriez ajouter des images et des informations choquantes telles que celles affichées dans les paquets de cigarettes ou pendant la campagne de prévention des accidents de la route".
	Crédibilité de la source	Commentaire 10 "Cette application donne plus de confiance par rapport aux applications disponibles sur les app stores".
E. Subjectif	Qualité	Commentaire 11 "Oui, c'est une bonne application. Je donnerais la note de 4 sur 5, et je l'utiliserai pour vérifier mes résultats et voir si j'ai atteint mes objectifs".
F. Impact perçu	Sensibilisation et connaissances	Commentaire 12 "C'est une très bonne application pour prendre conscience de son comportement et changer son mode de vie, et ainsi prévenir les problèmes de santé. "
	Recherche d'aide et de changement de comportement	Commentaire 13 "Utilisé seul non mais associé à un suivi avec un professionnel de santé pourquoi pas "

Tableau 13: Exemples de retours d'information du panel utilisateur témoin

L'ensemble des réponses aux questionnaires uMARS et les groupes de discussion (*focus groups*) m'a permis d'évaluer l'application *Prevent Connect* sur les utilisateurs cibles. Cela a été un moyen efficace d'avoir des retours des expériences vécues par les utilisateurs. Cette évaluation permet d'avoir un retour sur la qualité et l'ergonomie. Les résultats du *focus groups* et *commentaires libres* des 52 utilisateurs sont en annexe D5 et une synthèse en Tableaux 14.

N° utilisateur	Signature j'ai lu l'accord de participation et j'accepte de participer à l'évaluation proposée	Date des focus groups	Utiliserez-vous, cette application pour vous aider à changer vos habitudes de vie et ainsi diminuer votre risque cardiovasculaire commentaires libres :	Note globale de l'expérience utilisateur
N°40	oui	07/06/2020	"C'est une bonne application, qui fait ressortir nos risques sanitaires, cependant j'aurais aimé avoir des conseils plus détaillés dans la catégorie nutritionnelle pour comprendre comment je dois mieux manger. "	"Très bien"
N° 41	oui	07/06/2020	"Non par manque de volonté à changer mes habitudes."	"Bien"
N°42	oui	08/06/2020	"Oui bien sûr, surtout pour le changement de mes habitudes et mes comportements. "	"Très bien clair et agréable"
N°43	oui	08/06/2020	"Oui"	"Rapide et simple"
N°44	oui	09/06/2020	"Non, car je ne suis pas tellement connecté et pense avoir les notions de risque"	"Rapide ni trop ni pas assez."
N°45	oui	10/06/2020	"Peut-être"	"Simple et bien"
N°46	oui	10/06/2020	"Oui"	"Très bien clair et agréable"
N°47	oui	10/06/2020	"Oui en théorie ça pourrai être envisageable en test"	"Très bien parfait claire"
N°48	oui	12/06/2020	"Pour un suivi efficace, l'application doit intégrer un module journalier / hebdo"	"Moyennement bien et bien"

			<i>des consommations nutritives, tabac, alcool et doit interagir avec les données santé proposée nativement aujourd'hui par les smartphones/montres connectées (nombre de pas journalier, estimation durée de sommeil, estimation utilisation des appareils électroniques/écrans. Afin d'encourager les utilisateurs à avoir une activité élevée et une alimentation saine. "</i>	
--	--	--	---	--

Tableau 14: Exemples des retours d'expérience du panel utilisateur témoin.

5.3 Discussion et conclusion du chapitre

Le but de ce chapitre était d'évaluer l'ergonomie dans un premier temps l'application mobile développée dans le cadre de cette thèse, auprès de potentiels futurs utilisateurs. La mise en place du protocole d'évaluation n'a présenté aucun problème direct et a permis d'obtenir les retours des 52 utilisateurs de profils variés.

Les retours des utilisateurs tests sur les options de personnalisation montrent que les options de personnalisation de l'application sont jugées être suffisantes ou plus par plus de la moitié de la population. Cependant, il est tout de même possible d'améliorer l'application en permettant plus de choix pour les réponses, une interface graphique pouvant être adaptée à l'utilisateur comme le choix des couleurs, du style et de la taille des polices pour les personnes présentant des difficultés à lire ; le format, la nature, et la fréquence des messages préventifs. Il est essentiel de fournir aux utilisateurs des fonctionnalités interactives attirantes, efficaces et simples d'utilisation. Les résultats sur l'attractivité de la version de l'application proposée nous permettent de constater qu'une amélioration du design global de l'application, des animations, des informations et leurs pertinences, la reformulation des questions ou la manière de les poser, ou encore les outils utilisés pour l'entrée des informations par l'utilisateur doivent être améliorés. Ces améliorations sont nécessaires afin d'augmenter la désirabilité et l'attrait de l'application sur les utilisateurs.

De manière générale, l'ensemble des utilisateurs de l'étude ont répondu que l'application est opérationnelle. Au cours du développement d'une application, les développeurs mettent en œuvre une série de tests visant à identifier les différents bugs pouvant survenir au cours de l'utilisation du programme. Cependant, le test de l'application par des « utilisateurs témoins » est le plus informatif à ce sujet ; leur comportement est imprévisible et leurs retours sont primordiaux. Les réponses des utilisateurs montrent que les bugs sont mineurs, et que l'application de base fonctionne relativement bien. Cependant, une fois l'application déployée, un travail de veille devra être mis en place pour identifier et réparer certains bugs pouvant être dépendant d'un modèle de smartphone, d'une version du système d'exploitation de ce dernier, ou encore de certaines maladdresses dans les entrées de l'utilisateur.

Le contenu de l'application est évalué par la majorité des utilisateurs de l'enquête d'évaluation comme ayant une certaine pertinence. Cet aspect de l'application semble convenable et ne nécessite donc pas d'amélioration pour le moment. Le contenu pourra être enrichi une fois l'application déployée afin d'éviter la redondance des messages de prévention et pour répondre aux différents commentaires d'utilisateurs du monde réel.

L'ensemble des commentaires libres recueillis au cours de l'enquête d'évaluation permettent d'approfondir l'insatisfaction et les points n'ayant pas été explorés lors des diverses questions posées aux groupes. Certains commentaires sont positifs et encourageants, parmi lesquels un met en avant le fait que l'application devrait être utilisée conjointement à un suivi médical. Afin de prendre en compte ce commentaire, nous pouvons intégrer au programme des recommandations invitant les sujets à consulter un spécialiste ou de prendre rendez-vous avec leur généraliste afin de discuter de la possibilité d'un suivi par un spécialiste. Il serait aussi intéressant de poursuivre les démarches entrepris pour une collaboration avec le diabète Lab, très intéressé par notre approche scientifique. Cette collaboration portera sur la faisabilité de *focus Group* mené par le Diabète Lab avec 16 patients diabétiques et non diabétiques. Une comparaison entre deux groupes types d'utilisateur peut être une perspective intéressante dans l'exploitation des retours utilisateurs.

Dans ce chapitre, nous avons utilisé une étude échelle centrée uMars sur l'utilisateur centré sur l'expérience utilisateur. Après avoir présenté la méthodologie employée pour mener une étude d'évaluation de l'application par une population de 52 utilisateurs témoins, nous avons présenté l'ensemble des résultats de cette dernière. À ce moment de ce projet de thèse, nous avons montré que l'application finale permet de visualiser les tendances de comportement des utilisateurs, proposé des recommandations individualisées; déterminer le format des interventions numériques afin de véhiculer les bons messages de prévention et d'aider à améliorer les comportements de l'utilisateur quand cela est nécessaire. Nous sommes donc dans la situation où des améliorations ergonomiques et esthétiques de l'application sont nécessaires. Pour ce faire, le recours à un développeur spécialiste de l'expérience utilisateur semble être la solution la plus judicieuse, rapide, et efficace. L'application telle qu'elle est maintenant est fonctionnelle, complète et permet de fournir des recommandations spécifiques au profil de comportement de chaque utilisateur. Diverses améliorations peuvent également être mises en place, mais ces dernières sont de second plan comme la reformulation des recommandations en fonction des classes d'âges, en fonction des profils utilisateurs; ou encore l'intégration de suggestion diététique, sportive, de podcast sur le thème de la santé, de vidéo de vulgarisation et de prévention officielle.

En conclusion, nous avons vu que dans son ensemble, l'enquête d'évaluation de l'application est concluante. Cette dernière a permis d'identifier les fonctionnalités interactives et les possibilités de personnalisation comme les principales faiblesses de la version de l'application proposée. La résolution de ces deux problèmes semble nécessiter un développeur spécialiste de l'interface utilisateur. Ce dernier pourra améliorer l'esthétique de l'application, les possibilités de personnalisation de cette dernière par l'utilisateur. L'ensemble de ces modifications devrait suffire à augmenter la note moyenne de l'application.

Chapitre 6

Conclusion générale et perspectives de recherche

6.1 Conclusion générale

6.2 Perspectives de recherche

6.2.1 Modélisation des comportements à partir de données réelles de cohortes

6.2.2 Intégration de l'application Prevent Connect à une plateforme de suivi médical

6.2.3 Intégration des objets de santé connectés à l'application Prevent Connect

Conclusion générale et perspectives de recherche

6.1 Conclusion générale

Au cours de ce travail de thèse, nous avons élaboré une méthodologie pour modéliser le processus de sélection d'INS adapté à un utilisateur et conçu une application mobile *Prevent Connect* de prévention personnalisée.

Dans la première partie de ce manuscrit, un travail bibliographique a été effectué afin de faire le constat de la situation sanitaire relative aux pathologies chroniques et un inventaire des différentes stratégies de prise en charge et de prévention mises en place afin de lutter contre ces dernières. Au travers de cette étape, nous avons présenté l'importance des outils numériques dans le contexte de la prévention.

Nous avons ensuite procédé à une revue de littérature récente sur les différents outils numériques de prévention des risques cardio-vasculaires. Sur la base de cette revue, nous avons effectué un travail d'analyse afin d'identifier les critères les plus pertinents et essentiels des divers outils et stratégies de prévention. L'identification des tendances d'INS montre que les faiblesses les plus importantes observables au sein des différentes stratégies et outils de prévention sont la personnalisation des recommandations en fonction du contexte de l'utilisateur ; et la capacité de l'outil à intégrer l'ensemble des informations relatives à l'utilisateur afin de prendre en compte ce contexte. En effet, un message standard et impersonnel peut-être même mal adapté au contexte de l'utilisateur semble être un problème majeur et récurrent de nombreux outils de prévention des risques cardio-vasculaires. De ces observations est née l'une des questions au cœur de ce projet de thèse : est-il possible que les interventions numériques de santé développées conformément aux valeurs et aux besoins spécifiques des utilisateurs puissent les motiver et favoriser un changement de comportement durable chez ces derniers ? Ce travail de thèse s'est donc axé sur le développement d'une méthode et d'un outil de prévention innovant construit sur trois suppositions : l'intégration des données de comportements individuels est essentielle, la mobilisation de différents leviers de santé est primordiale et la génération de messages de prévention et de recommandation personnalisés est indispensable.

Avant toute chose, il a été nécessaire de déterminer un processus permettant l'intégration des données de comportements individuels des utilisateurs. Ainsi, un questionnaire standardisé sur la base du questionnaire de la cohorte GAZEL a été réalisé. A partir de l'ensemble des réponses à ce questionnaire, un outil de classification des profils de comportement de chaque utilisateur a été modélisé pour rendre compte de la contingence comportementale et clinique de chacun. L'approche adoptée dans cette thèse est néanmoins innovante, car elle permet de représenter graphiquement le profil comportemental d'un utilisateur.

Dans la seconde partie de cette thèse, le questionnaire développé dans la première partie a servi de base au développement d'une application mobile de prévention des facteurs de risque cardio-vasculaire. La première étape dans la création de l'application fut la conception d'un programme de recommandation individualisé. Pour ce faire, diverses recommandations des programmes de prévention PNNS 4 et Info-Service ont été compilées. Dans le but de permettre l'attribution d'un message de prévention à un profil d'utilisateur donné, il a fallu déterminer l'ensemble de ces profils, et de les intégrer dans un programme consistant en une chaîne de décision logique. Une fois ce programme mis en place, il a été alors possible de faire le lien entre les interventions numériques de santé les plus pertinentes pour les profils concernés. Après

différentes étapes de tests techniques et de création d'un protocole relatif au droit des utilisateurs ; le développement de l'application a été fait par le biais des outils Java FX et Gluon mobile. La première version de l'application étant terminée, nous avons procédé à une étude d'évaluation de l'ergonomie par des utilisateurs de cette dernière. La population des 52 utilisateurs a donné la note de 4/5 à l'application. Les retours de ces utilisateurs montrent que l'application proposée à ces derniers comporte deux axes d'amélioration majeures : les options de personnalisations et d'intégration d'objets de santé connectés. Cette deuxième partie de ce manuscrit s'est terminée par premièrement le constat que l'application mobile fonctionne, et semble répondre aux objectifs établis au début de ce projet de thèse ; et deuxièmement, par l'évocation des différentes perspectives de développement de l'application nécessaires pour répondre aux différentes critiques des utilisateurs de l'étude d'évaluation. La principale étant le recours à un développeur spécialiste de l'interface utilisateur.

Dans cette approche applicative, nous avons mis en place une application utilisant un programme de recommandation individualisé se basant sur l'outil de recueil et d'analyse des groupes de comportements permettant de générer des profils liés à la contingence des utilisateurs développés dans la première partie de cette thèse.

Dans un premier temps, il a été nécessaire choisir un ensemble de messages de prévention. Les recommandations intégrées au programme sont issues du Programme national Nutrition Santé (PNSS4), et des sites alcool-info-service et tabac-info-service. L'ensemble des informations relatives à ces outils et méthodologies de prévention et de recommandation, ayant servi de socle pour ce travail de thèse, a été présenté et discuté lors de nombreuses réunions sur le thème de la prévention dirigée par l'équipe d'experts dont Monsieur Hector Falcoff du Collège de Médecine Générale, Monsieur Pierre Meneton et Monsieur Adrien Ugon auxquelles j'ai eu la chance et le plaisir d'assistée lors de ce travail de thèse.

Ensuite, il a été nécessaire d'intégrer ces recommandations dans le programme et les associer à des groupes de comportements. Nous avons présenté la chaîne de décision logique automatisée permettant la sélection et l'intégration des leviers de e-santé (INS) les plus pertinents pour l'utilisateur, ainsi que le processus de modélisation permettant de caractériser et classer le profil comportemental, clinique, et social de l'utilisateur. Par la suite, nous avons abordé les aspects techniques relatifs aux différents utilisateurs et leurs droits, la gestion des données et leur sécurité.

Ces différentes étapes effectuées, nous avons présenté le cahier des charges de la conception du système d'aide à la prévention utilisant une base de données MySQL ; les différents sous-programmes de l'application finale ; ainsi que Gluon mobile l'outil ayant permis la compilation et le déploiement de cette dernière.

Au regard de notre hypothèse initiale, les commentaires et résultats de l'étude d'évaluation semblent aller dans le sens de cette dernière montrant ainsi l'importance de l'intégration spécifique relative aux besoins et profils des utilisateurs dans une application mobile pour le choix d'interventions numérique de santé. Elle permettrait de motiver et de favoriser un changement de comportement durable. Bien entendu, la cohorte de 52 utilisateurs de l'étude menée au cours de cette thèse est loin d'être suffisante pour conclure solidement ainsi, mais reste tout de même encourageante, et légitime le développement de l'application mobile que nous proposons.

Sur le plan méthodologique, nous avons présenté et mis en place une approche fondée sur une chaîne de décision logique afin de premièrement constituer des groupes de profils utilisateurs et deuxièmement associer à ces derniers des interventions numériques de santé catégorisées en des leviers d'e-santé adaptés de types à lire, à faire à connecter pour les différents facteurs de risque cardio-vasculaire.

Les différents tests effectués sur la stabilité de ce processus de regroupement et des recommandations individualisées montrent que le programme développé au cours de cette thèse est efficace. Cela a été confirmé par les utilisateurs impliqués dans l'étude d'évaluation qui n'ont relevé aucun problème technique significatif pour cette dernière. Les différents retours des utilisateurs de l'étude d'évaluation montrent leur satisfaction générale et constatent la pertinence des recommandations et des INS proposées à ces derniers par l'application montrant une nouvelle fois que cette dernière est fonctionnelle.

6.2 Perspectives de recherche

La première version de l'application a obtenu une note globale de 4/5 sur *uMars*. Une perspective de ce travail consiste à renforcer la personnalisation du choix des leviers pour optimiser l'adhésion et l'impact de ces interventions numériques de santé. Cela nécessitera de conduire des évaluations à plus grande échelle et sur des temps plus longs.

Nous sommes conscients que vouloir modifier les comportements liés au mode de vie vers l'adoption de comportements plus sains nécessiterait une intervention plus complexe, reposant sur plusieurs leviers d'action et certainement un suivi plus long.

6.2.1 Modélisation des comportements à partir de données réelles de cohortes

Une demande a été effectuée par le DPO Monsieur Timothée Bonnet (data protecteur officier) à la CNIL MR-004 (la méthodologie de référence 004 est détaillée en annexe E1) et au système national des données de santé (SNDS) lors de ma première année de thèse. La méthodologie de référence MR-004 encadre les traitements de données à caractère personnel à des fins d'études, d'évaluations ou de recherche n'impliquant pas la personne humaine. La recherche doit présenter un caractère d'intérêt public. Le responsable de traitement s'engage à ne collecter que les données strictement nécessaires et pertinentes au regard des objectifs de la recherche.

Le règlement général sur la protection des données (RGPD)⁵³ encadre la collecte, l'utilisation des données personnelles par huit règles d'or suivantes la licéité du traitement, la finalité du traitement, la minimisation des données, la protection particulière des données sensibles, la conservation limitée des données, l'obligation de sécurité et la transparence et droits des personnes.

○ projet de modélisation avec les données de **la cohorte GAZEL**⁵⁴

Les données des réponses des questionnaires de 1998, 2004 et 2009 ont été analysé via le logiciel JMP Pro⁵⁵ concernant uniquement les items sélectionnés pour la construction de notre questionnaire. Cependant, trois points majeurs sont inhérents à cette cohorte : la taille limitée de la population pour certaines conditions, la restriction aux salariés d'EDF-GDF limitant l'exploration d'autres corps de métier (médical, agricole...), le manque d'examen de santé complet au commencement de l'étude comme point de référence. La demande est en annexe E2.

⁵³ <https://www.cnil.fr/fr/la-cnil-lance-sa-formation-en-ligne-sur-le-rgpd-ouverte-tous>

⁵⁴ <https://www.gazel.inserm.fr/>

⁵⁵ <https://www.jmp.com/fr>

- projet PRECOMSANT avec les données de la **Cohorte CONSTANCES**⁵⁶

La cohorte CONSTANCES est une cohorte épidémiologique généraliste constituée de 200000 volontaires tirés au sort âgés de 18 à 69 ans à l'inclusion en 2009 dans 21 centres d'examen de santé de l'assurance maladie. Complémentaire à la cohorte GAZEL, elle permet non seulement d'analyser l'état de santé des chômeurs, mais aussi d'enquêter sur le lien de causalité entre le chômage et la détérioration de la santé.

À partir de données réelles de la cohorte GAZEL et de la cohorte CONSTANCES, il serait intéressant de tester deux programmes en homogénéisant les entrées d'une population de sujets (artificiellement générée par ordinateur, ou témoin) afin d'évaluer le degré de pertinence des recommandations générées par notre application *Prevent Connect* selon des facteurs de risques que présente un sujet. Nous pourrions également comparer leur vitesse d'analyse, et leurs sensibilités respectives. D'un point de vue technologique, une analyse supervisée et/ ou non supervisée de données réelles des patients issus des réponses aux questionnaires portant sur le mode de vie et la qualité de vie peut être envisagée. Ce processus de regroupement est un processus utilisé couramment par les outils d'intelligence artificielle pour la construction du modèle prédictif. Cependant, l'utilisation de cette méthode de regroupement permet d'enrichir le niveau d'information fournie par l'utilisateur sur la base d'un même questionnaire en ajoutant une considération multidimensionnelle aux différents facteurs à risques identifiés par ces derniers.

6.2.2 Intégration de l'application *Prevent Connect* à une plateforme de suivi médical

- enquête qualitative d'un plan de prévention personnalisée comme PEPS⁵⁷

L'application *Prevent Connect* pourra être utilisée comme une boîte à outils en complément d'un suivi d'une prise en charge d'une prévention personnalisée dans le cabinet du médecin généraliste. Il serait intéressant de mettre en place une enquête auprès des salles d'attente de médecin généraliste sur la relation médecin -patient et le suivi personnalisé avec l'application mobile *Prevent connect*.

6.2.3 Intégration des objets de santé connectés à l'application *Prevent Connect*

- étude exploratoire non randomisée portant sur un sous-échantillon de la **cohorte E4N**⁵⁸.

L'équipe "Génération et Santé" du CESP (Inserm) a une grande expérience en termes d'études observationnelles à partir de données de cohortes, ainsi qu'une expertise sur les expositions liées au mode de vie (alimentation, activité physique, sommeil, anthropométrie etc....) et leur lien avec les maladies chroniques. La mise en place d'une étude d'intervention dans la e-cohorte E4N a pour avantage de pouvoir phénotyper, puis sélectionner, les individus à inclure dans les études randomisées. (Fagherazzi G., Ravaud P. 2019)

Cette étude interventionnelle pourra permettre :

- 1) d'analyser l'utilisation des objets connectés sélectionnés selon les critères d'évaluation et de validation scientifique et marquage CE (Farnia T. et al., 2017)
- 2) d'identifier différents profils d'utilisation des objets de santé connectés + application *Prevent Connect*

⁵⁶ <https://www.constances.fr/>

⁵⁷ Prévention effective personnalisée et e-santé- <https://anr.fr/Projet-ANR-16-CE19-0018>

⁵⁸ <https://www.e4n.fr/>

- 3) d'identifier les facteurs associés à une utilisation optimale des objets de santé connectés + application *Prevent Connect* ; de ceux associés à une utilisation passagère + application *Prevent Connect*.

La Figure 56 *infra* illustre l'usage et l'intérêt de l'application mobile *Prevent Connect* dans le cadre d'intervention avec des données réelles. La mise en œuvre de la méthodologie permet de proposer de nouveaux questionnaires ou de nouveaux leviers ainsi que d'affiner l'ensemble des variables. Par exemple, le groupe de variables sociales doit être enrichi à l'avenir en fonction du retour d'information généré par l'utilisation de l'application. En outre, le système pourra être utilisé pour contester les INS proposées en termes d'adhésion, de conformité et de complémentarité pour atteindre les objectifs de l'utilisateur. Un autre enrichissement de notre application sera de proposer une hiérarchie des INS basée sur les préférences de l'utilisateur final.

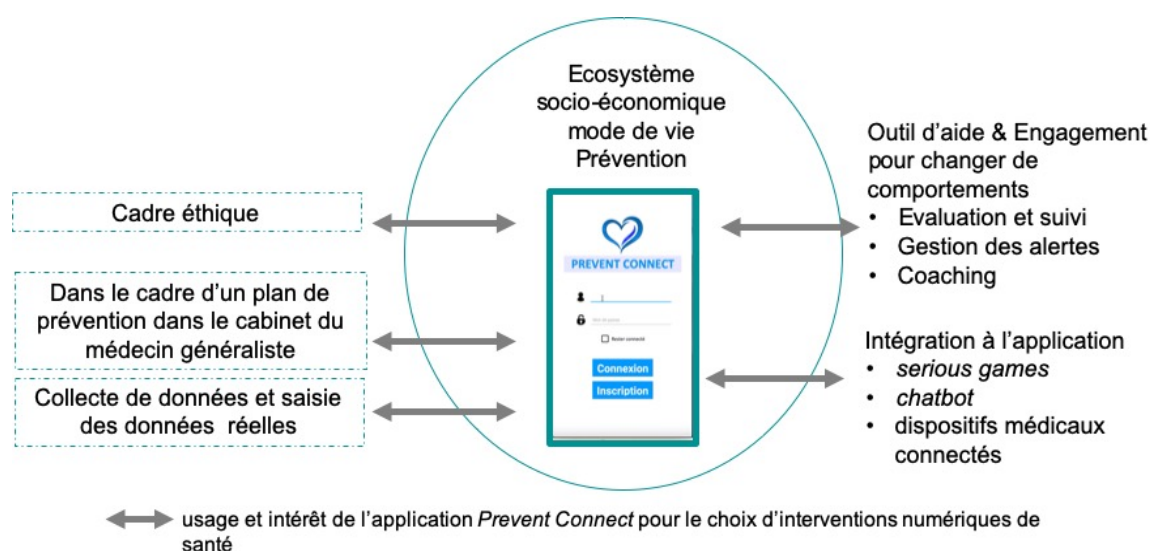


Figure 56: Perspectives de recherche avec l'application mobile *Prevent Connect*

Références

- Abraham, C., & Michie, S. (2008). A Taxonomy of Behavior Change Techniques Used in Interventions. *Health Psychology*, 27(3), 379-387. <https://doi.org/10.1037/0278-6133.27.3.379>
- Abroms, LC, Boal AL, Simmens SJ, Mendel JA, Windsor RA. (2014). A randomized trial of Text2Quit: a text messaging program for smoking cessation. *Am J Prev Med*. 2014 Sep;47(3):242-50. doi: 10.1016/j.amepre.2014.04.010. Epub 2014 Jun 6. PMID : 24913220 ; PMID : PMC4545234.
- Actions Traitements. (2020). L'éducation thérapeutique du patient (ETP), c'est quoi ? *Actions Traitements, association de patients VIH et co-infections*. <https://www.actions-traitements.org/accompagnement/etp-cest-quoi/>
- Alvarez J., Djaouti, D., & Rampnoux, O. (2016). Apprendre avec les Serious Games ?
- El Amrani L, Oude Engberink A, Ninot G, Hayot M, Carbonnel F. (2017). Connected health devices for health care in French general medicine practice: cross-sectional study. *JMIR Mhealth Uhealth* 2017 Dec 21;5(12): e193
- Angellotti, E., Wong, J. B., Pierce, A., Hescott, B., & Pittas, A. G. (2019). Combining wireless technology and behavioral economics to engage patients (WiBEEP) with cardiometabolic disease: A pilot study. *Pilot and Feasibility Studies*, 5, 7. <https://doi.org/10.1186/s40814-019-0395-8>
- Appelboom G., Camacho, E., Abraham, M.E. et al. (2014). Smart wearable body sensors for patient self-assessment and monitoring. *Arch Public Health* 72, 28 (2014). <https://doi.org/10.1186/2049-3258-72-28>
- Aungst, T. D., Clauson, K. A., Misra, S., Lewis, T. L., & Husain, I. (2014). How to identify, assess and utilise mobile medical applications in clinical practice. *International Journal of Clinical Practice*, 68(2), 155-162. <https://doi.org/10/f5q3vx>
- Badawy, S. M., Barrera, L., Sinno, M. G., Kaviany, S., O'Dwyer, L. C., & Kuhns, L. M. (2017). Text Messaging and Mobile Phone Apps as Interventions to Improve Adherence in Adolescents with Chronic Health Conditions: A Systematic Review. *JMIR MHealth and UHealth*, 5(5), e66. <https://doi.org/10/ggnqhz>
- Barbosa, C. D., Balp, M.-M., Kulich, K., Germain, N., & Rofail, D. (2012). A literature review to explore the link between treatment satisfaction and adherence, compliance, and persistence. *Patient preference and adherence*, 6, 39-48. <https://doi.org/10/fxsg8w>
- Bernell S, Howard SW. (2016). Use Your Words Carefully: What Is a Chronic Disease? *Front Public Health*. 2016; 4:159. Published 2016 Aug 2. doi:10.3389/fpubh.2016.00159
- Berner, E. S. (2009). Clinical decision support systems: State of the Art. AHRQ Publication, 09-0069-EF.
- Blixen, C., Sajatovic, M., & Moore, D. J. (2018). Patient participation in the development of a customized m-health intervention to improve medication adherence in poorly adherent individuals with bipolar disorder (BD) and hypertension (HTN). *International Journal of Healthcare*, 4(1), 25-35. <https://doi.org/10.5430/ijh.v4n1p25>
- Bostrom, J., Sweeney, G., Whiteson, J., & Dodson, J. A. (2020). Mobile health and cardiac rehabilitation in older adults. *Clinical Cardiology*, 43(2), 118-126. <https://doi.org/10.1002/clc.23306>
- Brandi M, 2019. réalisation d'une application mobile et de son serveur web sur la prévention des risques cardiovasculaires, rapport de stage première année de cycle ingénieur l'ENSIIE l'École Nationale Supérieure d'Informatique pour l'Industrie et l'Entreprise, 3 juin -26 juillet 2019

- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Brocklebank, L. A., Falconer, C. L., Page, A. S., Perry, R., & Cooper, A. R. (2015). Accelerometer-measured sedentary time and cardiometabolic biomarkers: A systematic review. *Preventive Medicine*, 76, 92-102. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2015.04.013>
- Buis, L. R., Dawood, K., & Kadri, R. (2019). Improving blood pressure among african americans with hypertension using a mobile health approach (the MI-BP app): Protocol for a randomized controlled trial. *JMIR Research Protocols*, 8(1), 12601. <https://doi.org/10.2196/12601>
- Burner, E., Lam, C. N., & DeRoss, R. (2018). Using mobile health to improve social support for low-income latino patients with diabetes: A mixed-methods analysis of the feasibility trial of TExT-MED + FANS. *Diabetes Technology & Therapeutics*, 20(1), 39-48. <https://doi.org/10.1089/dia.2017.0198>
- Byrne, J. L., Dallosso, H. M., & Rogers, S. (2018). The ready to reduce risk (3R) study for a group educational intervention with telephone and text messaging support to improve medication adherence for the primary prevention of cardiovascular disease: Protocol for a randomized controlled trial. *JMIR Research Protocols*, 7(11), 11289. <https://doi.org/10.2196/11289>
- Carbonnel, F. (2018). *Évaluation des interventions numériques visant un changement de comportement de santé : Un enjeu paradigmatique* [Thèse Sciences de l'Homme et Société/Psychologie, Université Paul Valéry - Montpellier III,]. 2017MON30093. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01867169>
- Carbonnel, F., & Ninot, G. (2019). Identifying Frameworks for Validation and Monitoring of Consensual Behavioral Intervention Technologies: Narrative Review. *Journal of Medical Internet Research*, 21(10), e13606. <https://doi.org/10/ggsxkn>
- Carrasquillo, O., Young, B., & Dang, S. (2018). Hispanic secondary stroke prevention initiative design: Study protocol and rationale for a randomized controlled trial. *JMIR Research Protocols*, 7(10), 11083. <https://doi.org/10.2196/11083>
- Chow, C. K., Redfern, J., & Hillis, G. S. (2015). Effect of lifestyle-focused text messaging on risk factor modification in patients with coronary heart disease: A randomized clinical TrialLifestyle-Focused text messaging and coronary heart DiseaseLifestyle-Focused text messaging and coronary heart disease. *JAMA*, 314(12), 1255-1263. <https://doi.org/10.1001/jama.2015.10945>
- Cimino, J. J., Meyer, M., Lee, N.-J., & Bakken, S. (2005). Using Patient Data to Retrieve Health Knowledge. AMIA Annual Symposium Proceedings, 2005, 136-140.
- Colloc, J. (2015). Santé et Big Data : l'Etat et les individus, impuissants face aux pouvoirs des réseaux. In : L'Espace Politique 22 juillet 2015. DOI 10.4000/espacepolitique.3493. <http://espacepolitique.revues.org/3493>.
- Cortet, B., & Bénichou, O. (2006). Adherence, persistence, concordance: Do we provide optimal management to our patients with osteoporosis? *Joint Bone Spine*, 73(5), e1-e7. <https://doi.org/10/c3ntbx>
- Cosentino F, Grant P J, Aboyans V, Bailey C L et al., ESC Scientific Document Group, 2019 ESC Guidelines on diabetes, pre-diabetes, and cardiovascular diseases developed in collaboration with the EASD: The Task Force for diabetes, pre-diabetes, and cardiovascular diseases of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for the Study of Diabetes (EASD), *European Heart Journal*, Volume 41, Issue 2, 7 January 2020, Pages 255–323, doi.org/10.1093/eurheartj/ehz486
- Cottin, Y., Lorgis, L., Gudjoncik, A., Buffet, P., Brulliard, C., Hachet, O., Grégoire, E., Germin, F., & Zeller, M. (2012). Observance aux traitements : Concepts et déterminants.

- Archives of Cardiovascular Diseases Supplements*, 4(4), 291-298.
<https://doi.org/10/ggsxhc>
- Cottrell, M. A., Hill, A. J., O’Leary, S. P., Raymer, M. E., & Russell, T. G. (2018). Patients are willing to use telehealth for the multidisciplinary management of chronic musculoskeletal conditions: A cross-sectional survey. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 24(7), 445-452. <https://doi.org/10.1177/1357633x17706605>
- Dagiral, É., Licoppe, C., Martin, O., & Pharabod, A.-S. (2019). Le Quantified Self en question(s). *Rezeaux*, n° 216(4), 17-54. <https://doi.org/10/ggjn82>
- Derksen ME, van Strijp S, Kunst AE, Daams JG, Jaspers MWM, Fransen MP. Serious games for smoking prevention and cessation: A systematic review of game elements and game effects. *J Am Med Inform Assoc*. 2020 ;27(5):818-833. doi :10.1093/jamia/ocaa013
- Direction Générale de l’offre de soins, D. (2020, avril 20). *La télémédecine*. Ministère des Solidarités et de la Santé. <http://solidarites-sante.gouv.fr/soins-et-maladies/prises-en-charge-specialisees/telemedecine/article/la-telemedecine>
- Doctrine technique du numérique en santé (version 2019)
https://esante.gouv.fr/sites/default/files/media_entity/documents/doctrine--technique-du-numerique-en-sante_version-2019_vf.pdf
- Dunstan, D. W., Howard, B., Healy, G. N., & Owen, N. (2012). Too much sitting—a health hazard. *Diabetes Research and Clinical Practice*, Sep;97(3):368-76.
- Egger G, Dixon J. (2014). Beyond obesity and lifestyle: a review of 21st century chronic disease determinants. *Biomed Res Int*. 2014; 2014:731685. doi: 10.1155/2014/731685. Epub 2014 Apr 7. PMID: 24804239; PMCID: PMC3997940.
- Evenson, K. R., Goto, M. M., & Furberg, R. D. (2015). Systematic review of the validity and reliability of consumer-wearable activity trackers. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 12(1), 159. <https://doi.org/10/gdqcpq>
- Ezzati, M., & Riboli, E. (2013). Behavioral and Dietary Risk Factors for Noncommunicable Diseases. *New England Journal of Medicine*, 369(10), 954-964. <https://doi.org/10/gf9hqb>
- Fagherazzi G, Ravaut P. (2019). Digital diabetes: Perspectives for diabetes prevention, management and research. *Diabetes Metab*. 2019 Sep;45(4):322-329. doi: 10.1016/j.diabet.2018.08.012. Epub 2018 Sep 19.
- Farnia T, Jaulent MC, Marchand G, Yasini M. A Collaborative Evaluation Framework for Biometric Connected Devices in Healthcare. *Stud Health Technol Inform*. 2017; 245:69-73.
- Ford, E. S., & Caspersen, C. J. (2012). Sedentary behaviour and cardiovascular disease: A review of prospective studies. *International Journal of Epidemiology*, Oct;41(5):1338-53.
- Forsyth, P., Richardson, J., & Lowrie, R. (2019). Patient-reported barriers to medication adherence in heart failure in scotland. *The International Journal of Pharmacy Practice*. <https://doi.org/10.1111/ijpp.12511>
- Fortuna, K. L., Aschbrenner, K. A., & Lohman, M. C. (2018). Smartphone ownership, use, and willingness to use smartphones to provide peer-delivered services: Results from a national online survey. *The Psychiatric Quarterly*, 89(4), 947-956. <https://doi.org/10.1007/s11126-018-9592-5>
- Fouque M. (2019) *modélisation du processus de choix de recommandations personnalisées pour la prévention de risques cardio-vasculaires*, rapport de stage première année du Master Sciences Technologies Santé Mention Santé publique, université de bordeaux, ISPED Institut de Santé Publique d’épidémiologie et de Développement08 Avril 2019 - 14 Juin 2019

- Free, C., McCarthy, O., French, R. S., Wellings, K., Michie, S., Roberts, I., Devries, K., Rathod, S., Bailey, J., Syred, J., Edwards, P., Hart, G., Palmer, M., & Baraitser, P. (2016). Can text messages increase safer sex behaviours in young people? Intervention development and pilot randomised controlled trial. *Health Technology Assessment (Winchester, England)*, 20(57), 1-82. <https://doi.org/10.3310/hta20570>
- Geller, K., Lippke, S., & Nigg, C. R. (2017). Future directions of multiple behavior change research. *Journal of Behavioral Medicine*, 40(1), 194-202. <https://doi.org/10/ggzwh3>
- Goldberg, M., Leclerc, A., & Zins, M. (2015). Cohort Profile Update: The GAZEL Cohort Study. *International Journal of Epidemiology*, 44(1), 77-77g. <https://doi.org/10/f64vs8>
- Gonzalez, M., Sjölin, I., Bäck, M., Ögmundsdóttir Michelsen, H., Tanha, T., Sandberg, C., Schiopu, A., & Leosdóttir, M. (2019). Effect of a lifestyle-focused electronic patient support application for improving risk factor management, self-rated health, and prognosis in post-myocardial infarction patients: Study protocol for a multi-center randomized controlled trial. *Trials*, 20(1), 76. <https://doi.org/10/ggsgc9>
- Gordon, N. P., & Hornbrook, M. C. (2018). Older adults' readiness to engage with EHealth patient education and self-care resources: A cross-sectional survey. *BMC Health Services Research*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12913-018-2986-0>
- Griffin N, Kehoe M. (2018). A questionnaire study to explore the views of people with multiple sclerosis of using smartphone technology for health care purposes. *Disabil Rehabil.* 2018 Jun;40(12):1434-1442. doi: 10.1080/09638288.2017.1300332. Epub 2017 Mar 21. PMID: 28322588.
- Groenhouf, T. K. J., Asselbergs, F. W., Groenwold, R. H. H., Grobbee, D. E., Visseren, F. L. J., & Bots, M. L. (2019). The effect of computerized decision support systems on cardiovascular risk factors: A systematic review and meta-analysis. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s12911-019-0824-x>
- Haut Conseil de la Santé Publique. (2019). *Programme National Nutrition Santé 2019-2023*. Ministère de la Santé. <https://www.hcsp.fr/>
- Haute Autorité de Santé. (2013). Efficience de la télémédecine état des lieux de la littérature internationale et cadre d'évaluation. *Rapport d'évaluation médico-économique*. https://www.has-sante.fr/jcms/c_1622477/fr/efficience-de-la-telemedecine-etat-des-lieux-de-la-litterature-internationale-et-cadre-d-evaluation
- Haute Autorité de Santé. (2016). *Référentiel de bonnes pratiques sur les applications et les objets connectés en santé (mobile Health ou mHealth)*. HAS. https://www.has-sante.fr/jcms/c_2681915/fr/referentiel-de-bonnes-pratiques-sur-les-applications-et-les-objets-connectes-en-sante-mobile-health-ou-mhealth
- Haute Autorité de Santé, H. A. S. (2004). *Méthodes d'évaluation du risque cardio-vasculaire global*. https://www.has-sante.fr/jcms/r_1497591/fr/methodes-d-evaluation-du-risque-cardio-vasculaire-global
- Holender, A., Sutton, S., & Simoni, A. D. (2018). Opinions on the use of technology to improve tablet taking in ≥65-Year-Old patients on cardiovascular medications. *The Journal of International Medical Research*, 46(7), 2754-2768.
- Hunt, D. L., Haynes, R. B., Hanna, S. E., & Smith, K. (1998). Effects of computer-based clinical decision support systems on physician performance and patient outcomes: A systematic review. *JAMA*, 280(15). <https://doi.org/10.1001/jama.280.15.1339>
- Korpershoek, Y. J. G., Vervoort, S. C. J. M., Trappenburg, J. C. A., & Schuurmans, M. J. (2018). Perceptions of patients with chronic obstructive pulmonary disease and their health care providers towards using MHealth for self-management of exacerbations: A qualitative study. *BMC Health Services Research*, 18(1), 757. <https://doi.org/10.1186/s12913-018-3545-4>

- Lamouroux, A., Magnan, A., & Vervloet, D. (2005). Compliance, observance ou adhésion thérapeutique : De quoi parlons-nous ? *Revue des Maladies Respiratoires*, 22(1), 31-34. <https://doi.org/10/c8z26b>
- Lamy, J.-B., Séroussi, B., & Griffon, N. (2015). Toward a formalization of the process to select IMIA yearbook best papers. *Methods of Information in Medicine*, 54(2), 135-144. <https://doi.org/10.3414/me14-01-0031>
- Laranjo, L., Arguel, A., & Neves, A. L. (2015). The influence of social networking sites on health behavior change: A systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA*, 22(1), 243-256. <https://doi.org/10.1136/amiajnl-2014-002841>
- Leong DP, Joseph PG, McKee M, et al. Reducing the Global Burden of Cardiovascular Disease, Part 2: Prevention and Treatment of Cardiovascular Disease. *Circ Res*. 2017;121(6):695-710. doi:10.1161/CIRCRESAHA.117.311849
- Lyons, E. J., Lewis, Z. H., Mayrsohn, B. G., & Rowland, J. L. (2014). Behavior Change Techniques Implemented in Electronic Lifestyle Activity Monitors: A Systematic Content Analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 16(8), e192. <https://doi.org/10/f6ghzr>
- Mahmood SS, Levy D, Vasan RS, Wang TJ. The Framingham Heart Study and the epidemiology of cardiovascular disease: a historical perspective. *Lancet*. 2014;383(9921):999-1008. doi:10.1016/S0140-6736(13)61752-3
- Majumder, S., Mondal, T., & Deen, M. J. (2017). Wearable Sensors for Remote Health Monitoring. *Sensors*, 17(1), 130. <https://doi.org/10/gfthzx>
- Meneton, P., Lemogne, C., & Herquelot, E. (2016). A global view of the relationships between the main behavioural and clinical cardiovascular risk factors in the GAZEL prospective cohort. *PLoS One*, 11(9), 0162386. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162386>
- Meneton, P., Lemogne, C., Herquelot, E., Bonenfant, S., Czernichow, S., Ménard, J., Goldberg, M., & Zins, M. (2017). Primary Cardiovascular Disease Risk Factors Predicted by Poor Working Conditions in the GAZEL Cohort. *American Journal of Epidemiology*, 186(7), 815-823. <https://doi.org/10/gb2s89>
- Mercer K, Li M, Giangregorio L, Burns C, Grindrod K. (2016). Behavior Change Techniques Present in Wearable Activity Trackers: A Critical Analysis. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2016 Apr 27;4(2):e40. doi: 10.2196/mhealth.4461. PMID: 27122452; PMCID: PMC4917727.
- Michie, S., Abraham, C., Whittington, C., McAteer, J., & Gupta, S. (2009). Effective techniques in healthy eating and physical activity interventions: A meta-regression. *Health Psychology*, v;28(6):690-701.
- Milne-Ives, M., Lam, C., De Cock, C., Van Velthoven, M. H., & Meinert, E. (2020). Mobile Apps for Health Behavior Change in Physical Activity, Diet, Drug and Alcohol Use, and Mental Health: Systematic Review. *JMIR MHealth and UHealth*, 8(3), e17046. <https://doi.org/10/ggsjtg>
- Moore, Q., & Johnson, A. (2015). *U.S. Health care technologies*. Center for Health and Biosciences, Rice University's Baker Institute for Public Health.
- Ninot, G (2019) Guide professionnel des interventions non médicamenteuses INM Collection : Les nouveaux chemins de la santé, Dunod Parution : mars 2019 <https://www.dunod.com/sciences-humaines-et-sociales/guide-professionnel-interventions-non-medicamenteuses-inm>
- Ninot, G, Carbonnel, F. (2016). Pour un modèle consensuel de validation clinique et de surveillance des interventions non médicamenteuses (INM). *HEGEL - HEpato-GastroEntérologie Libérale*. <https://doi.org/10/ggsgdq>

- Nittari, G., Scuri, S., Petrelli, F., Pirillo, I., di Luca, N. M., & Grappasonni, I. (2019). Fighting obesity in children from European World Health Organization member states. Epidemiological data, medical-social aspects, and prevention programs. *La Clinica Terapeutica*, 170(3), e223-e230. <https://doi.org/10.7417/CT.2019.2137>
- Norman GJ, Kolodziejczyk JK, Adams MA, Patrick K, Marshall SJ. Fruit and vegetable intake and eating behaviors mediate the effect of a randomized text-message based weight loss program. *Prev Med*. 2013 Jan;56(1):3-7. doi: 10.1016/j.ypmed.2012.10.012. Epub 2012 Oct 22. PMID: 23085329; PMCID: PMC3540147.
- Oh, H., Rizo, C., Enkin, M., & Jadad, A. (2005). What Is eHealth (3) : A Systematic Review of Published Definitions. *Journal of Medical Internet Research*, 2005;7(1): e1. Published 2005 Feb 24. doi :10.2196/jmir.7.1.e1
- Olander, E. K., Fletcher, H., Williams, S., Atkinson, L., Turner, A., & French, D. P. (2013). What are the most effective techniques in changing obese individuals' physical activity self-efficacy and behaviour : A systematic review and meta-analysis. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 10(29).
- Orchard J, Neubeck L, Freedman B, Li J, Webster R, Zwar N, Gallagher R, Ferguson C, Lowres N. (2019). eHealth Tools to Provide Structured Assistance for Atrial Fibrillation Screening, Management, and Guideline-Recommended Therapy in Metropolitan General Practice: The AF - SMART Study. *J Am Heart Assoc*. 2019 Jan 8 ;8(1): e010959. doi: 10.1161/JAHA.118.010959. PMID: 30590964; PMCID: PMC6405712.
- Organisation Mondiale de la Santé. (2019, octobre 23). *About Chronic Diseases | CDC*. [Www.Who.Int](http://www.who.int). <https://www.cdc.gov/chronicdisease/about/index.htm>
- Organisation Mondiale de la Santé. (2020). *Cardiovascular diseases*. [Www.Who.Int](http://www.who.int). <https://www.who.int/westernpacific/health-topics/cardiovascular-diseases>
- Piepoli MF, Hoes AW, Agewall S, et al. 2016 European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: Developed with the special contribution of the European Association for Cardiovascular Prevention & Rehabilitation (EACPR). *European Journal of Preventive Cardiology*. 2016;23(11):NP1-NP96. doi:10.1177/2047487316653709
- Prochaska, J. J., & Prochaska, J. O. (2011). A Review of Multiple Health Behavior Change Interventions for Primary Prevention. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 5(3), 208-221. <https://doi.org/10/cj7qwk>
- Recio-Rodríguez, J. I., Lugones-Sanchez, C., & Agudo-Conde, C. (2019). Combined use of smartphone and smartband technology in the improvement of lifestyles in the adult population over 65 years : Study protocol for a randomized clinical trial (EVIDENT-Age study). *BMC Geriatrics*, 19(1), 19. <https://doi.org/10.1186/s12877-019-1037-y>
- Robbe, C. (2016). *Evaluation de l'observance des patients au traitement de fond de l'ostéoporose, à distance d'une consultation hospitalière spécialisée en rhumatologie au CHU d'Angers (2016ANGE167M)* [Thèse d'exercice: Médecine, Université Angers]. <http://dune.univ-angers.fr/fichiers/20126651/2016MCEM6742/fichier/6742F.pdf>
- Salvi, D., Ottaviano, M., & Muuraiskangas, S. (2018). An m-health system for education and motivation in cardiac rehabilitation : The experience of HeartCycle guided exercise. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 24(4), 303-316. <https://doi.org/10.1177/1357633x17697501>
- Santo, K., Hyun, K., & Keizer, L. (2018). The effects of a lifestyle-focused text-messaging intervention on adherence to dietary guideline recommendations in patients with coronary heart disease : An analysis of the TEXT ME study. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 15(1), 45. <https://doi.org/10.1186/s12966-018-0677-1>

- Scott, I. A., Scuffham, P., & Gupta, D. (2018). Going digital : A narrative overview of the effects, quality and utility of mobile apps in chronic disease self-management. *Australian Health Review*.
- Shen Y, Colloc J, Jacquet-Andrieu A, Lei K. Emerging medical informatics with case-based reasoning for aiding clinical decision in multi-agent system. *J Biomed Inform.* 2015; 56:307-317. doi: 10.1016/j.jbi.2015.06.012
- Shen Y, Yuan K, Chen D, et al. An ontology-driven clinical decision support system (IDDAP) for infectious disease diagnosis and antibiotic prescription. *Artif Intell Med.* 2018; 86:20-32. doi: 10.1016/j.artmed.2018.01.003
- Stoyanov SR, Hides L, Kavanagh DJ, Zelenko O, Tjondronegoro D, Mani M. Mobile app rating scale: a new tool for assessing the quality of health mobile apps. *JMIR Mhealth Uhealth.* 2015;3(1): e27. Published 2015 Mar 11. <https://doi:10.2196/mhealth.3422>
- Stoyanov SR, Hides L, Kavanagh DJ, Wilson H. Development and Validation of the User Version of the Mobile Application Rating Scale (uMARS). *JMIR Mhealth Uhealth.* 2016 ;4(2):e72. Published 2016 Jun 10. <https://doi:10.2196/mhealth.5849>
- Tang, Y. H., Chong, M. C., & Chua, Y. P. (2018). The effect of mobile messaging apps on cardiac patient knowledge of coronary artery disease risk factors and adherence to a healthy lifestyle. *Journal of Clinical Nursing*, 27(23–24), 4311-4320. <https://doi.org/10.1111/jocn.14538>
- Tolks D, Lampert C, Dadaczynski K, Maslon E, Paulus P, Sailer M. Spielerische Ansätze in Prävention und Gesundheitsförderung: Serious Games und Gamification [Game-based approaches to prevention and health promotion: serious games and gamification]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz.* 2020;63(6):698-707. doi:10.1007/s00103-020-03156-1
- Tran, B. X., Le, X. T. T., & Nguyen, P. N. (2018). Feasibility of e-health interventions on smoking cessation among vietnamese active internet users. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(1). <https://doi.org/10.3390/ijerph15010165>
- Ugon, A., Hadj Bouzid, A. I., Jaulent, M.-C., Favre, M., Duclos, C., Jobez, E., Falcoff, H., Lamy, J.-B., & Tsopra, R. (2018). Building a Knowledge-Based Tool for Auto-Assessing the Cardiovascular Risk. *Studies in Health Technology and Informatics.* <https://doi.org/10/ggsgc7>
- Widmer RJ, Collins NM, Collins CS, West CP, Lerman LO, Lerman A (2015). Digital health interventions for the prevention of cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis. *Mayo Clin Proc.* 2015;90(4):469-480. doi: 10.1016/j.mayocp.2014.12.026
- Williams, S. L., French, D. P. (2011). What are the most effective intervention techniques for changing physical activity self-efficacy and physical activity behaviour—and are they the same? *Health Education Research.* 2011 Apr;26(2):308-22. doi: 10.1093/her/cyr005. Epub 2011 Feb 14. PMID: 21321008.
- Wong, E. M., Chair, S. Y., Leung, D. Y., Sit, J. W., & Leung, K. P. (2018). Home-based interactive e-Health educational intervention for middle-aged adults to improve total exercise, adherence rate, exercise efficacy, and outcome: A randomised controlled trial. *Hong Kong Medical Journal = Xianggang Yi Xue Za Zhi*, 2(1), 34-38.
- Woringer, M., Dharmayat, K. I., Greenfield, G., Bottle, A., & Ray, K. K. (2019). American heart association's cholesterol CarePlan as a smartphone-delivered web app for patients prescribed cholesterol-lowering medication: Protocol for an observational feasibility study. *JMIR Research Protocols*, 8(1), 9017. <https://doi.org/10.2196/resprot.9017>

- World Health Organization. (2011). *MHealth. New horizons for health through mobile technologies: Second global survey on eHealth*.
www.who.int/goe/publications/goe_mhealth_web.pdf
- World Health Organization. (2013). Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases 2013-2020. World Health Organization.
<https://www.who.int/nmh/publications/ncd-action-plan/en/>
- World Health Organization. (2019). *WHO guideline*.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541902/>
- Wright, S. P., Hall Brown, T. S., Collier, SR, S., & K. (2017). How consumer physical activity monitors could transform human physiology research. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, *1*;312(3), 358-367.
- Zullig, L. L., McCant, F., & Silberberg, M. (2018). Changing CHANGE: Adaptations of an evidence-based telehealth cardiovascular disease risk reduction intervention. *Translational Behavioral Medicine*, *8*(2), 225-232. <https://doi.org/10/ggsgc3>

Table des matières	
<i>Production scientifique en thèse CIFRE 2017/0860</i>	5
<i>Listes des figures</i>	9
<i>Listes des Tableaux</i>	11
<i>Glossaire</i>	12
<i>Partie I</i>	14
<i>Ingénierie des connaissances à mobiliser pour le choix d'interventions numériques de santé application en prévention du risque cardiovasculaire</i>	14
<i>Chapitre 1</i>	15
<i>Introduction générale et contexte</i>	16
<i>Les interventions numériques de santé, une opportunité pour améliorer l'efficacité de la prévention du risque cardio-vasculaire</i>	16
1.1 L'e-santé, une opportunité pour améliorer l'efficacité de la prévention	16
1.2 Maladies chroniques et prévention du risque cardio-vasculaire	19
1.3 Les interventions non médicamenteuses (INM)	20
1.4 Les interventions numériques de santé (INS)	22
1.5 Problématique et objet de la recherche	23
<i>Chapitre 2</i>	28
<i>L'influence des interventions connectées pour l'adhésion à la prévention du risque cardio-vasculaire</i>	29
2.1 Objectif de la revue de la littérature	29
2.2 Méthode	30
2.3 Résultats de la revue de la littérature	31
2.4 Discussion	44
2.5 Conclusion du chapitre	44
<i>Chapitre 3</i>	46
<i>Enrichissement d'un modèle de prédiction de facteurs de risques cardio-vasculaires</i>	47
3.1 Méthodologie proposée	47
3.2 Classification en groupe des facteurs de risque cardiovasculaire	50
3.3 Détermination de profils de comportements et enrichissement d'un modèle	60
3.4 Recommandations en prévention du risque cardio-vasculaire	63

3.5 Conclusion du chapitre	65
<i>Partie II</i>	66
<i>Conception d'une application mobile pour le choix d'interventions numériques de santé et évaluation ergonomique</i>	66
<i>Chapitre 4</i>	67
<i>Conception de l'application mobile Prevent Connect pour le choix d'interventions numériques de santé</i>	68
4.1 Conception de l'application Prevent Connect	68
4.2 Implémentation de l'application Prevent Connect	71
4.3 Parcours utilisateur de l'application Prevent Connect	73
4.3 Conclusion du chapitre	78
<i>Chapitre 5</i>	79
<i>Évaluation de l'ergonomie de l'application mobile Prevent Connect</i>	80
5.1 Protocole d'évaluation de la qualité et de l'ergonomie de l'application mobile	80
5.2 Résultats de l'évaluation de l'application Prevent Connect	86
5.3 Discussion et conclusion du chapitre	95
<i>Chapitre 6</i>	97
<i>Conclusion générale et perspectives de recherche</i>	98
6.1 Conclusion générale	98
6.2 Perspectives de recherche	100
<i>Références</i>	103
<i>Liste des Figures</i>	114
<i>Liste des Tableaux</i>	116
<i>Liste des annexes</i>	117
<i>Annexe A</i>	118
A1. Annexes de la revue de la littérature	118
<i>Annexe B</i>	125
B1. Questionnaire consommation d'alcool et de tabac de Cohorte GAZEL -2009	125
B2. Représentation graphique des questionnaires (Fouque M., 2019)	126
B3. Représentation graphique de la classification des facteurs de risque cardiovasculaire (Fouque M, 2019)	133
B4. Programme National Nutrition Santé extrait PNNS4 2019-2023	136

<i>Annexe C</i>	137
C1. Processus de choix des leviers	137
C2. Diagramme de Classes UML Unified Modeling language (Fouque M, 2019)	138
<i>Annexe D</i>	139
D1. Accord du comité éthique	139
D2. Accord de participation	140
D3. Questionnaire en ligne uMARS	142
D4. Résultats des uMARS	144
D5. Résultats des Focus Groups	149
<i>Annexe E</i>	154
E1. Méthodologie MR-004	154
E2. Demande des données GAZEL	156
<i>Formations doctorales</i>	160
<i>Glossaire</i>	161
<i>Résumé</i>	163

Liste des Figures

Figure 1: Cartographie de la thèse	7
Figure 2: Représentation de la e-santé d'après le livre blanc sur la santé connectée (CNOM, 2015)	17
Figure 3: Complémentarité de la médecine clinique et de la santé publique (Colloc J, 2015)	18
Figure 4: Les INM, au cœur de la santé intégrative (plateforme CEPS, université Montpellier, 2019)	20
Figure 5 :Classification des interventions non médicamenteuses (plateforme CEPS, université Montpellier, 2019).	21
Figure 6 : La chartre « Engagé pour la E-Santé » 10 septembre 2020. « Cette charte « Engagé pour la e-santé » a été signée par 235 industriels. Ils s'engagent formellement dans cette feuille de route ministérielle à mener à bien plusieurs chantiers numériques essentiels à la modernisation de notre système de soins et à l'amélioration de la prise en charge des personnes dans les secteurs sanitaires et médico-social ».	26
Figure 7: objet de la recherche	27
Figure 8: Capture d'écran de l'interface utilisateur de BibReview (Appl Clin Inform. 2020)	31
Figure 9 : Logigramme des articles inclus (Appl Clin Inform. 2020)	32
Figure 10: Facteurs de risque mentionnés dans les articles sélectionnés (Appl Clin Inform. 2020)	35
Figure 11: Interventions numériques de Santé utilisées dans les articles sélectionnés (Appl Clin Inform. 2020)	37
Figure 12: Adhésion évaluées dans les articles sélectionnés (Appl Clin Inform. 2020)	38
Figure 13: Répartition des articles a-b-c (Appl Clin Inform. 2020)	40
Figure 14: Répartition des interventions connectées dans les articles sélectionnés (Appl Clin Inform. 2020)	40
Figure 15: Répartition de l'adhésion (Appl Clin Inform. 2020)	41
Figure 16: Caractéristiques des tendances des interventions de santé connectées (Appl Clin Inform. 2020)	43
Figure 17: Exemples d'interventions numériques de santé	45
Figure 18: Matériels et méthode utilisés	47
Figure 19: Modèle relationnel des différents facteurs de risque cardio-vasculaire. (Meneton et al., 2016)	48
Figure 20: Représentation graphique du questionnaire des données démographiques	51
Figure 21: Représentation graphique du questionnaire consommation d'alcool. (L'abréviation FDR est utilisée pour « facteur de risque »)	54
Figure 22: Représentation graphique du questionnaire consommation de tabac	54
Figure 23: Représentation graphique du questionnaire alimentaire	56
Figure 24: Représentation graphique du questionnaire activité physique	57
Figure 25: Représentation graphique du questionnaire facteurs de risques cliniques	58
Figure 26: Représentation graphique du questionnaire sociale	60
Figure 27: Représentation graphique de la classification de 16 profils de comportement. (Source : extrait Fouque M 2019)	61
Figure 28: Représentation graphique de la classification du groupe de facteurs cliniques (Source : extrait Fouque M 2019)	62
Figure 29 : Représentation graphique de la classification du groupe de facteurs sociaux (Source : extrait Fouque M 2019)	62
Figure 30: Programme National Nutrition Santé extrait (PNNS4 2019-2023)	63
Figure 31: Réunion de projet pour le choix de recommandation (d'après image https://itsocial.fr/enjeux-it/enjeux-utilisateurs/collaboration/)	64
Figure 32: Processus de sélection des interventions numériques de santé	68
Figure 33 : Exemple du cheminement du système aux différentes étapes (Fouque M 2019)	70
Figure 34: Exemple d'une persona pour un scénario d'usage	70
Figure 35: Base MySQL	72
Figure 36: Architecture du système (Fouque M, 2019)	72
Figure 37: Génération randomisée d'un jeu de donnée (Brandi M., 2019)	73
Figure 38: Captures d'écran sur l'information sur la sécurité des données (Brandi M, 2019)	74
Figure 39: Captures d'écran de l'interface d'accueil utilisateur : établissement d'un profil utilisateur (Brandi M, 2019)	75
Figure 40: Captures d'écran du questionnaire clinique (Brandi M, 2019)	75
Figure 41: Captures d'écran du questionnaire consommation alcool et tabac (Brandi M, 2019)	76
Figure 42 : Captures d'écran des questionnaires activité physique et social (Brandi M, 2019)	76
Figure 43: Captures d'écran du questionnaire alimentation (Brandi M, 2019)	77
Figure 44 : Captures d'écran du bilan du comportements (Brandi M, 2019)	77

Figure 45 : Captures d'écran des leviers de m-santé proposés (Brandi M ,2019)	78
Figure 46: recrutement et évaluation en ligne	86
Figure 47 : Distribution des réponses des utilisateurs à l'échelle uMARS (section A) (n=52)	88
Figure 48 : Distribution des réponses des utilisateurs à l'échelle uMARS (section B) (n=52)	89
Figure 49: Distribution des réponses des utilisateurs à l'échelle uMARS (section C) (n=52)	89
Figure 50: Distribution des réponses des utilisateurs à l'échelle uMARS (section D) (n=52, sauf pour la crédibilité de la source n=51, pour informations visuelles n=48.)	90
Figure 51: Distribution des réponses des utilisateurs à la demande de qualité subjective (section E) (n=52)	90
Figure 52: Distribution des réponses des utilisateurs à l'échelle uMARS à la perception de l'impact, domaines d'amélioration de la satisfaction globale (section F) (n=52)	91
Figure 53: Réponses si l'utilisation de l'application Prevent est susceptible de sensibiliser à la prévention personnalisée du risque cardiovasculaire	91
Figure 54: Réponses si l'utilisation de l'application Prevent Connect peut entraîner une aide au changement du comportement	92
Figure 55: Réponses sur la liste des leviers d'INS proposée dans l'application Prevent Connect	92
Figure 56: Perspectives de recherche avec l'application mobile Prevent Connect	102
Figure 57: Questionnaire consommation d'alcool et de tabac de Cohorte GAZEL -2009	125
Figure 58 : Questionnaire individu	126
Figure 59 : Questionnaire consommation d'alcool	127
Figure 60 : Questionnaire de consommation de tabac	128
Figure 61 : Questionnaire alimentaire	129
Figure 62 : Questionnaire activité physique	130
Figure 63 : Questionnaire facteurs de risque clinique	131
Figure 64 : Questionnaire social	132
Figure 65 : Classification des groupes de comportements	133
Figure 66 : Classification des facteurs de risque Clinique	134
Figure 67 : Classification des facteurs sociaux	135
Figure 68: Programme National Nutrition Santé extrait PNNS4 2019-2023	136
Figure 69: Processus de choix des leviers	137
Figure 70: Diagramme de Classes UML Unified Modeling language (Fouque M, 2019)	138
Figure 71: Accord du comité éthique	139
Figure 72: Attestation de formation de l'ED Galilée	160

Liste des Tableaux

Tableau 1: Construction de la requête (Appl Clin Inform. 2020)	30
Tableau 2: Objectifs des 24 articles inclus (Appl Clin Inform. 2020)	33
Tableau 3: Exemples des questionnaires de comportements GAZEL, 2009	50
Tableau 4: Exemples des questionnaires de facteurs sociaux GAZEL, 2009	50
Tableau 5: Codage des réponses (groupe A)	51
Tableau 6: Déterminations des classes de buveur	53
Tableau 7 : Codage des réponses (groupe B)	57
Tableau 8: Codage des réponses (groupe C)	58
Tableau 9: Codage des réponses (groupe D)	59
Tableau 10 : données d'entrée et de sortie	73
Tableau 11: Organisations et logistiques	85
Tableau 12: Caractéristiques sociodémographiques du panel utilisateur témoin	87
Tableau 13: Exemples de retours d'information du panel utilisateur témoin	94
Tableau 14: Exemples des retours d'expérience du panel utilisateur témoin.	95
Tableau 15 : Objectifs des 24 articles inclus	119
Tableau 16: Liste des articles inclus (Appl Clin Inform. 2020 Aug;11)	120
Tableau 17: Caractéristiques détaillées (Appl Clin Inform. 2020 Aug;11)	122
Tableau 18: Caractéristiques extraites (Appl Clin Inform. 2020 Aug;11)	124
Tableau 19: Exemples de retours d'information des évaluateurs (sections A à F)	145
Tableau 20: Caractéristiques sociodémographiques des évaluateurs	146
Tableau 21: Calcul du score global de uMARS par évaluateur	148
Tableau 22 : Réponses des expériences de 52 utilisateurs évaluateurs en focus group pour l'application Prevent Connect	153

Liste des annexes

Liste des annexes

Annexe A

A1. Annexes de la revue de la littérature

Annexe B

B1. Questionnaire consommation d'alcool et de tabac de Cohorte GAZEL -2009

B2. Représentation graphique des questionnaires (Fouque M., 2019)

B3. Représentation graphique de la classification des facteurs de risque cardiovasculaire (Fouque M, 2019)

B4. Programme National Nutrition Santé extrait PNNS4 2019-2023

Annexe C

C1. Processus de choix des leviers

C2. Diagramme de Classes UML Unified Modeling language (Fouque M, 2019)

Annexe D

D1. Accord du comité éthique

D2. Accord de participation

D3. Questionnaire en ligne uMARS

D4. Résultats des uMARS

D5. Résultats des Focus Groups

Annexe E

E1. Méthodologie MR-004

E2. Demande des données GAZEL

Annexe A

A1. Annexes de la revue de la littérature

Tableau A1 : Objectifs des 24 articles inclus

Auteurs — année	Figures [lettre]	Objectifs
(Blixen et al., 2018)	A	Obtenir des informations de patients atteints à la fois de dépression et d'hypertension (HTN) <i>via</i> une intervention m-Health pour améliorer l'adhérence.
(Buis et al., 2019)	B	Tester l'efficacité de MI-BP, une application mHealth pour l'autogestion de HTN, sur le contrôle de la pression artérielle (objectif principal), l'activité physique, la consommation de sodium, et l'observance thérapeutique (objectif secondaire) chez les Afro-Américains atteints de HTN.
(Burner et al., 2018)	C	Mener un essai de faisabilité contrôlé randomisé chez des patients des services d'urgence présentant le diabète pour déterminer la faisabilité du recrutement des patients et des supporters, l'acceptabilité de l'intervention d'une future étude.
(Byrne et al., 2018)	D	Détailler la conception et la raison d'être du développement de l'intervention des The Ready to Reduce Risk (3R) Study 3R et les méthodes de l'étude utilisées.
(Carrasquillo et al., 2018)	E	Évaluer l'efficacité d'une intervention par des messages chez les Latino-Américains patients en prévention des accidents vasculaires cérébraux.
(Cottrell et al., 2018)	F	Identifier les obstacles actuels à accéder aux services de santé et déterminer si la télésanté est un mode de prestation de soins de santé acceptable, du point de vue des patients souffrant de maladies chroniques.
(Forsyth et al., 2019)	G	Explorer les obstacles l'adhésion aux médicaments chez les patients insuffisants cardiaques écossais afin d'informer le développement d'interventions complexes
(Fortuna et al., 2018)	H	Évaluer la possession, l'utilisation et la volonté d'utiliser un smartphone, smartphones pour fournir des services fournis par les pairs spécialistes certifiés.
(Gonzalez et al., 2019)	I	Évaluer l'efficacité d'une application Web conçue pour aider les personnes à respecter les conseils en matière de mode de vie et médicaments en complément des programmes traditionnels de réadaptation cardiaque pour l'amélioration des facteurs de risque et des résultats cliniques dans patients atteints d'Infarctus de myocarde comparés aux soins habituels.
(Griffin & Kehoe, 2018)	J	Connaître l'opinion des personnes atteintes de sclérose en plaques (MS) sur la faisabilité et l'acceptabilité perçue de l'utilisation du smartphone à des fins de soins de santé.
(Holender et al., 2018)	K	Soulever un certain nombre de préoccupations et d'obstacles pratiques à prendre en compte pour que les technologies soient acceptées et adoptées de patients > 65 ans.
(Angellotti et al., 2019)	L	Évaluer la faisabilité et l'acceptabilité de l'application simultanée de la surveillance de la pression artérielle à domicile sans fil et les SMS (comme exemple de « nudging ») ciblant la pharmacothérapie et habitude de vie des patients atteints de maladie cardiometabolique (diabète de type 2 et/ou hypertension).
(Korpershoek et al., 2018)	M	Explorer les perceptions des patients atteint de MPOC et de leurs prestataires de soins de santé en ce qui concerne m-Health pour l'autogestion des exacerbations.
(Orchard et al., 2019)	N	Évaluer les stratégies de prévention de la fibrillation auriculaire (FA) en utilisant un logiciel d'aide à la décision électronique (EDS) pour le dépistage.
(Recio-Rodríguez et al., 2019, p.)	O	Évaluer l'efficacité de la combinaison de l'utilisation de la technologie smartphone pendant 3 mois avec un bref conseil sur les habitudes de vie, par opposition à fournir des conseils uniquement pour augmenter l'activité physique et améliorer l'adhésion au régime méditerranéen. Évaluer l'effet de l'intervention sur la qualité de vie et la performance cognitive.
(Santo et al., 2018)	P	Évaluer les effets de l'intervention sur les recommandations diététique Évaluer la cohérence des effets entre les sous-groupes Évaluer si le respect des recommandations de la diététique sur amélioration des résultats cliniques.
(Scott et al., 2018)	Q	Examiner les effets, la qualité et l'utilité des applications mobiles dans l'autogestion des maladies chroniques.
(Tang et al., 2018)	R	Déterminer l'effet des applications de messagerie mobile sur la maladie coronarienne connaissance et adhésion du patient à un mode de vie sain.
(Tran et al., 2018)	S	Évaluer les tentatives d'arrêt chez les fumeurs, leur préférence et leur volonté avec des applications mobiles.
(Woringer et al., 2019)	T	Évaluer l'efficacité de l'application Web. (Application Web CarePlan développée par l'American Heart Association visant à améliorer le mode de vie et l'observance du traitement les patients ont prescrit des médicaments hypocholestérolémiants).

Annexe A L'influence des interventions connectées pour l'adhésion à la prévention du risque cardiovasculaire

(Zullig et al., 2018)	U	Adaptater une intervention de réduction des risques de télésanté fondée sur des données probantes.
(Wong et al., 2018)	V	Évaluer l'intervention éducative interactive en santé à domicile pour les adultes d'âge moyen afin d'améliorer l'exercice total, le taux d'adhésion, l'efficacité de l'exercice et les résultats : un essai contrôlé randomisé.
(Salvi et al., 2018)	W	Développer un système de santé mobile conçu pour motiver les patients à adhérer à leur programme de réadaptation en fournissant un suivi de l'exercice, des conseils, un retour de motivation et contenu éducatif.
(Gordon & Hornbrook, 2018)	X	Examiner l'accès aux technologies numériques, aux compétences et à l'expérience, ainsi que les préférences en matière d'utilisation.

Tableau 15 : Objectifs des 24 articles inclus

Tableau A2 : Liste des articles inclus

N°[x]	Author, year	Journal	Pays
[A]	(Blixen et al. 2018)	International Journal of Healthcare	USA
[B]	(Buis et al. 2019)	JMIR Research Protocols	USA
[C]	(Burner et al. 2018)	Diabetes Technology & Therapeutics	USA
[D]	(Byrne et al. 2018)	JMIR Research Protocols	UK
[E]	(Carrasquillo et al. 2018)	JMIR Research Protocols	USA
[F]	(Cottrell et al. 2018)	Journal of Telemedicine and Telecare	AUSTRALIE
[G]	(Forsyth, Richardson, and Lowrie 2019)	The International Journal of Pharmacy Practice	UK
[H]	(Fortuna et al. 2018)	The Psychiatric Quarterly	USA
[I]	(Gonzalez et al. 2019)	Journal of Clinical Trials	SUEDE
[J]	(Griffin and Kehoe 2018)	Disability and Rehabilitation	UK
[K]	(Holender, Sutton, and De Simoni 2018)	The Journal of International Medical Research	UK
[L]	(Angellotti et al. 2019)	Pilot and Feasibility Studies	USA
[M]	(Korpershoek et al. 2018)	BMC Health Services Research	PAYS-BAS
[N]	(Orchard et al. 2019)	Journal of the American Heart Association	AUSTRALIE
[O]	(Recio-Rodríguez et al. 2019)	BMC Geriatrics	ESPAGNE
[P]	(Santo et al. 2018)	The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity	AUSTRALIE
[Q]	(Scott et al. 2018)	Australian Health Review	AUSTRALIE
[R]	(Tang et al. 2018)	Journal of Clinical Nursing	MALAISIE
[S]	(Tran et al. 2018)	International Journal of Environmental Research and Public Health	VIETNAM
[T]	(Woringer et al. 2019)	JMIR Research Protocols	UK
[U]	(Zullig et al. 2018)	Translational Behavioral Medicine	USA
[V]	(Wong et al. 2018)	Medical Journal	HONG KONG
[W]	(Salvi et al. 2018)	Journal of Telemedicine and Telecare	ESPAGNE
[X]	(Gordon and Hornbrook 2018)	BMC Health Serv Res.	USA

Tableau 16: Liste des articles inclus (Appl Clin Inform. 2020 Aug;11)

Tableau A3 : Caractéristiques détaillées

N°[X]	Auteurs, année	Interventions Numérique de santé	Fonctions	Catégories	Adhésion
[A]	(Blixen et al. 2018)	M-santé intervention	Education	À lire	Moyenne
[B]	(Buis et al. 2019)	The MI-BP app	Self-management	À faire -à connecter	>50%
[C]	(Burner et al. 2018)	Santé mobile, interventions d'aide sociale	Self-management	À faire -à connecter	>50%
[D]	(Byrne et al. 2018)	Group education sessions avec telephone et SMS motivationnel	Education	À lire	>50%
[E]	(Carrasquillo et al. 2018)	Système de soins de santé utilisant les technologies mobiles	Questionnaire	À faire	Moyenne
[F]	(Cottrell et al. 2018)	Questionnaires	Questionnaire	À faire	>50%
[G]	(Forsyth, Richardson, and Lowrie 2019)	Qualitative interviews via focus group and patient interviews.	Education	À lire	Moyenne
[H]	(Fortuna et al. 2018)	Self-management, smartphones	Self-management	À faire -à connecter	N/A
[I]	(Gonzalez et al. 2019)	Lifepod®	Questionnaire	À faire	N/A
[J]	(Griffin and Kehoe 2018)	Questionnaires	App	À Connecter	Moyenne
[K]	(Holender, Sutton, and De Simoni 2018)	E-santé interventions	Self-management	À faire -à connecter	>50%
[L]	(Angellotti et al. 2019)	Technologie sans fil et messages personnalisés (sms personnalisés)	Nudging-sms	À faire- à lire	>50%
[M]	(Korpershoek et al. 2018)	Mobile santé (mhealth)	App	À Connecter	>50%
[N]	(Orchard et al. 2019)	Système d'aide à la decision	Self-management	À faire-à connecter	>50%
[O]	(Recio-Rodríguez et al. 2019)	Smartphone application	App	À Connecter	Moyenne
[P]	(Santo et al. 2018)	Auto questionnaire	Self-management	À faire-à connecter	Moyenne
[Q]	(Scott et al. 2018)	Smartphone santé applications (apps)	App	À connecter	Moyenne
[R]	(Tang et al. 2018)	Mobile messaging apps: What-sapp	réseau social Facebook, Twitter Used apps on a smartphone or tablet computer	À connecter	N/A
[S]	(Tran et al. 2018)	sevrage tabagique application	Education	À lire	N /A

Annexe A L'influence des interventions connectées pour l'adhésion à la prévention du risque cardiovasculaire

[T]	(Woringer et al. 2019)	Smartphone-Delivered Web App	Self-management	À faire-à connecter	>50%
[U]	(Zullig et al. 2018)	Program CHANGE III	Education	À lire	>50%
[V]	(Wong et al. 2018)	Home-based interactive e-health education	Education	À lire	>50%
[W]	(Salvi et al. 2018)	Home-based program	réseau social Facebook, Twitter Used apps on a smartphone or tablet computer	À Connecter	>50%
[X]	(Gordon and Hornbrook 2018)	Questionnaire	Questionnaire	À faire	>50%

Tableau 17: Caractéristiques détaillées (Appl Clin Inform. 2020 Aug;11)

Tableau A4 : Caractéristiques extraites

Article N°[x]	Facteur de risque (context)	Facteur de risque (Variables)	INS	N total (Total nombre d'individus)	Population (Age ou origines)	Durée de l'étude
[A]	Hypertension (HTA) troubles bipolaires	Hypertension dépression	Mobile santé intervention	13	52 ans Caucasiens, Afro-Américain	N/A
[B]	HTA sédentarité,	Hypertension alimentation déséquilibrée, sédentarité	The MI-BP app	396	Africo Américains	Janvier 2018 - 2021.
[C]	Diabètes	Diabètes de types 2, alimentation déséquilibrée, sédentarité	Mobile santé	44	Latine	3 mois de suivi
[D]	prevention primaire	Hypertension dyslipidémie alimentation déséquilibrée, sédentarité	Group education telephone and sms	212	N/A	Mai 2015 et Mars 2017
[E]	Maladie chronique	Hypertension dyslipidémie	Mobile technologies	300	Latinos	Février 2015.
[F]	Maladie chronique	Sédentarité	Questionnaires	85	N/A	Novembre 2015 et Avril 2016
[G]	Insuffisance cardiaque	N/A	Focus group	N/A	≥18 ans	Entre Janvier 2014 et Juin/2014
[H]	maladie mentale	Dépression, sédentarité	Self-management, smartphones	267	Adultes avec une maladie mentale grave	N/A
[I]	Réhabilitation cardiaque (CR)	Hypertension, dyslipidémie, diabète de type 2, tabagisme sédentarité, alimentation déséquilibrée	LifePod®	150	< 75 ans	2016, fin 2019
[J]	Multiple sclerosis (MS)	N/A	Survey	197	18 ans	N/A
[K]	Maladie Cardiovasculaires	N/A	Digital interventions	12	>65 ans	2015.
[L]	Maladie Cardio-métabolique	Hypertension, type 2 diabète, physical sédentarité, alimentation déséquilibrée	Technology sans fil et sms motivationnelle personnalisée (PTMs)	12	N/A	Entre Mars et Septembre 2017
[M]	Maladie pulmonaire obstructive chronique	N/A	Mobile santé (mHealth)	13	> 40 ans	Entre Juin 2015 et Mai 2016.
[N]	Atrial Fibrillation (AF)	N/A	SAD software.	1805 of 11 476	≥65 ans	2 à 12 mois
[O]	Maladie Cardiovasculaire ou cognitive	Sédentarité, alimentation déséquilibrée	Smartphone application	160	entre 65 et 80 ans	Juillet 2018.

Annexe A L'influence des interventions connectées pour l'adhésion à la prévention du risque cardiovasculaire

[P]	maladie cardiovasculaire	Dyslipidemie, obésité Consommation d'alcool, alimentation déséquilibré	Auto-questionnaire	710	N/A	Septembre 2011 et Novembre 2013.
[Q]	Maladie chronique	Diabetes de types 2 dépression, consommation d'alcool, alimentation déséquilibré	Smartphone applications de santé (apps)	N/A	N/A	N/A
[R]	Coronary artery disease risk factors and adherence to a healthy lifestyle	Sédentarité alimentation déséquilibrée	Mobile messaging apps : WhatsApp	52	N/A	N/A
[S]	Sevrage tabagique	Tabagisme	Smoking-cessation application	1082	Vietnamien,	Août à Octobre 2015
[T]	Maladie cardiovasculaire	Dyslipidemie	Smartphone- Web App	180	N/A	Février à Juillet 2018
[U]	Prévention cardiovasculaire et diabète de types 2	Diabetes de types 2	Program CHANGE III	127	N/A	12-mois de suivi
[V]	Maladie chronique	Dyslipidemi, Sédentarité	Home-based program	221	N/A	3 mois après 12 mois
[W]	Maladie cardiovasculaire	Sédentarité	Home-based program	55-63	N/A	12 à 21 semaines
[X]	Maladie chronique	N/A	Survey	2602	65-79 ans, non-Hispanique blanc, afro-américain/noir, hispanique/latino, philippino-américain et sino-américain Filipino-Américain, et Chinois Américain	N/A

Tableau 18: Caractéristiques extraites (Appl Clin Inform. 2020 Aug;11)

Annexe B

B1. Questionnaire consommation d'alcool et de tabac de Cohorte GAZEL -2009

8

38. Au cours de la dernière semaine, avez-vous consommé :


Du vin Oui Non


De la bière ou du cidre Oui Non


Au moins un apéritif ou digestif Oui Non


Si vous avez consommé du vin :


Quelle quantité maximum par jour ? (cochez la case)


 1 verre


 2 verres

 3 verres

 4 verres

 5 verres et +


 1 litre et +


 2 litres et +


Précisez combien de jours dans la semaine vous avez bu du vin ? (de 1 à 7 jours)


Si vous avez consommé de la bière ou du cidre :


Quelle quantité maximum par jour ? (en demis ou en grands verres) (cochez la case)

 1 demi

 2 demis

 3 demis


 4 demis


 5 demis et +


Précisez combien de jours dans la semaine vous avez bu de la bière ou du cidre ? (de 1 à 7 jours)

Si vous avez consommé des apéritifs ou digestifs :

Quelle quantité maximum par jour ? (cochez la case)

 1 verre

 2 verres

 3 verres et +

Précisez combien de jours dans la semaine vous avez bu au moins un apéritif ou un digestif ? (de 1 à 7 jours)

39. Êtes-vous actuellement fumeur ?

Fumeur (au moins une cigarette par jour)

Non-fumeur ou fumeur occasionnel

Si oui, combien fumez-vous par jour ?

de cigarettes :

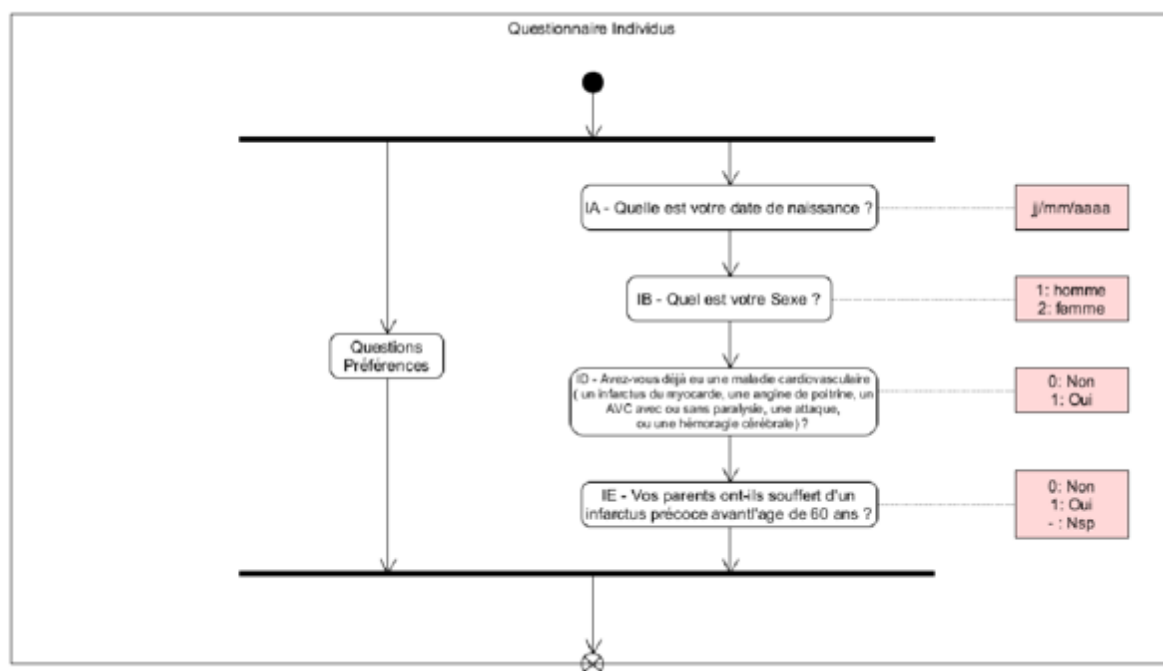
de pipes :

de cigarillos :

de cigares :

8

Figure 57: Questionnaire consommation d'alcool et de tabac de Cohorte GAZEL -2009

B2. Représentation graphique des questionnaires (Fouque M., 2019)*Figure 58 : Questionnaire individu*

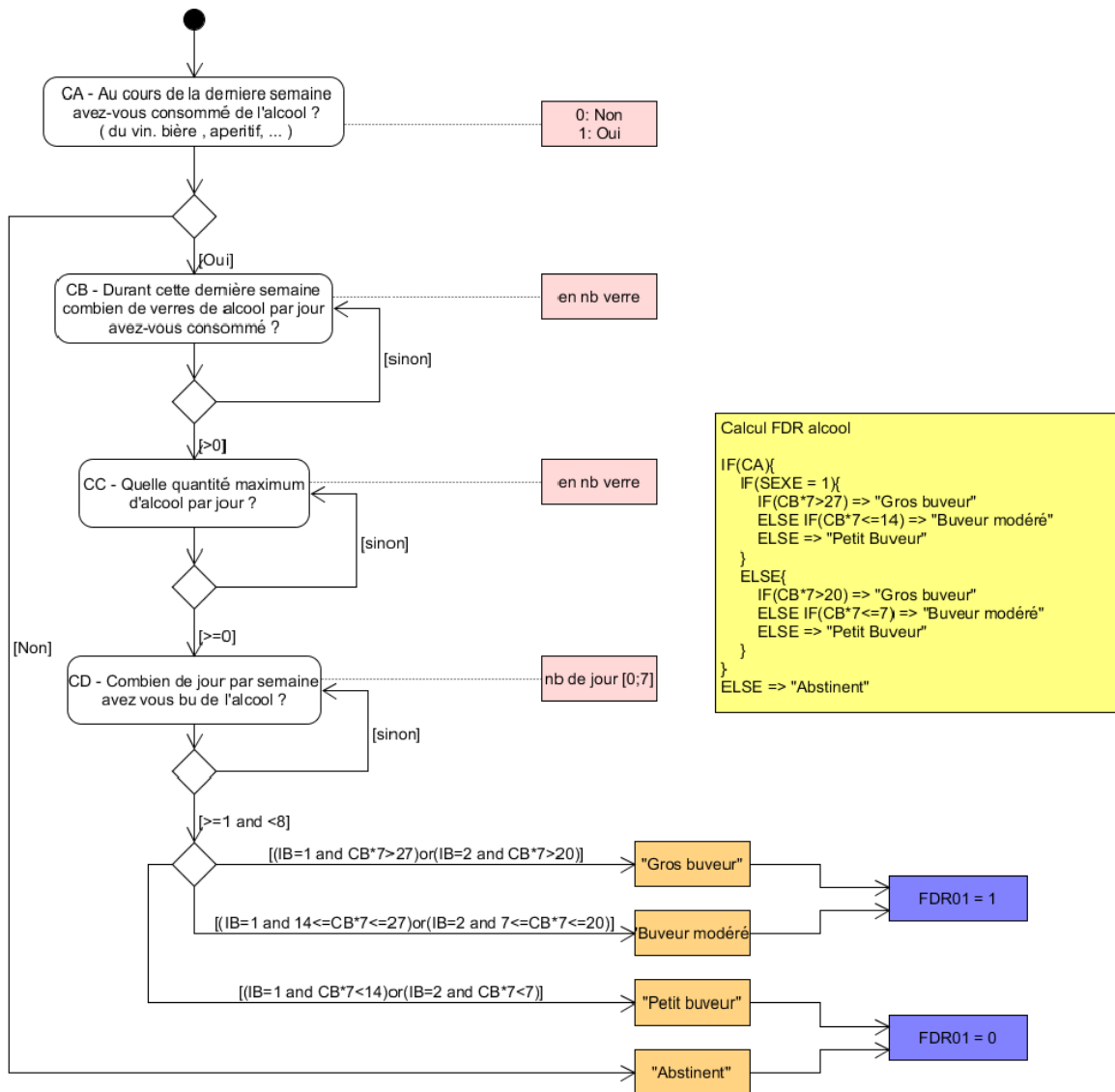


Figure 59 : Questionnaire consommation d'alcool

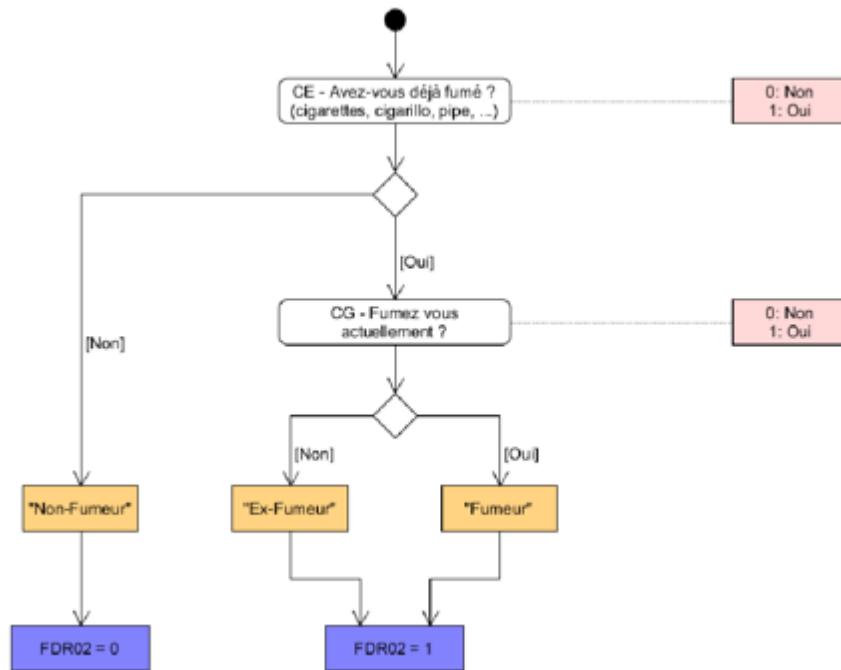


Figure 60 : Questionnaire de consommation de tabac

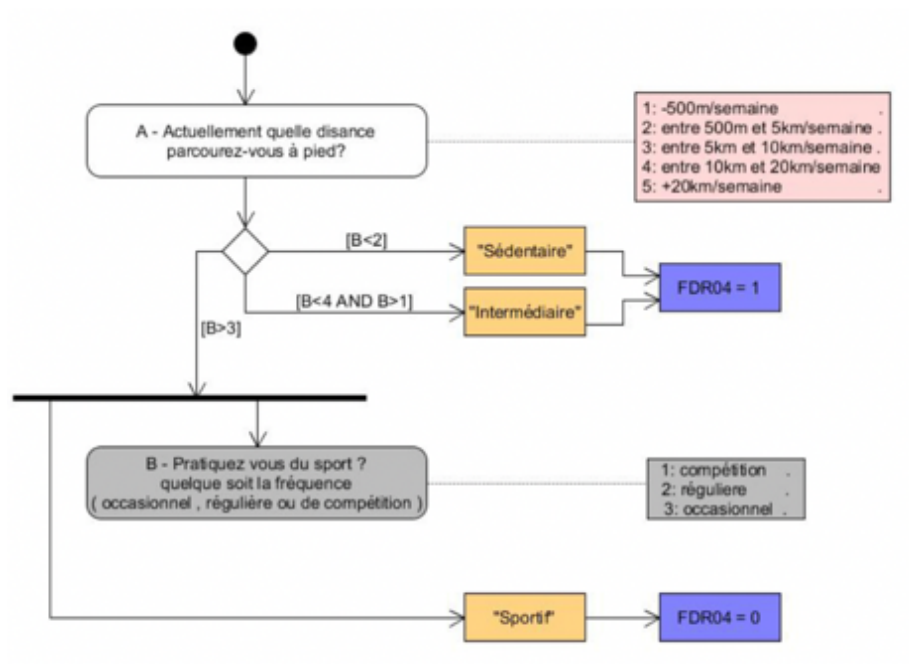


Figure 62 : Questionnaire activité physique

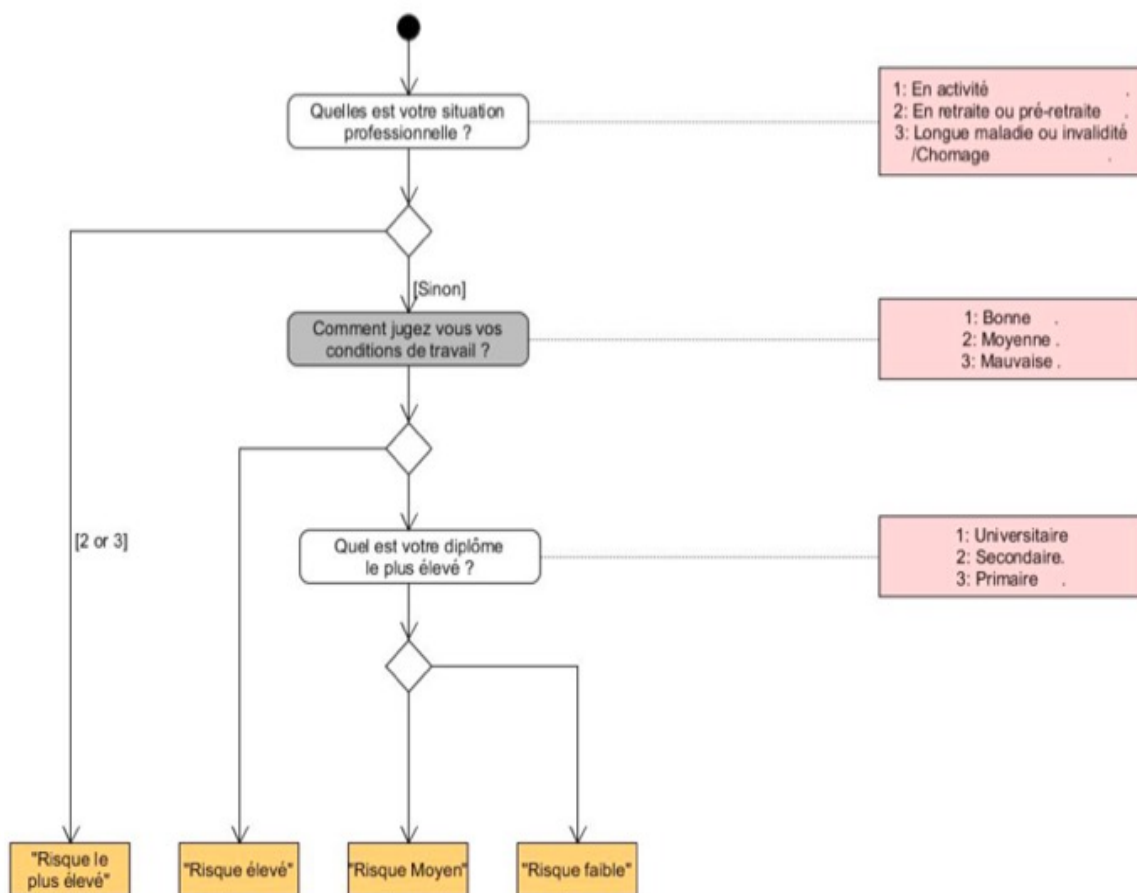


Figure 64 : Questionnaire social

B3. Représentation graphique de la classification des facteurs de risque cardiovasculaire (Fouque M, 2019)

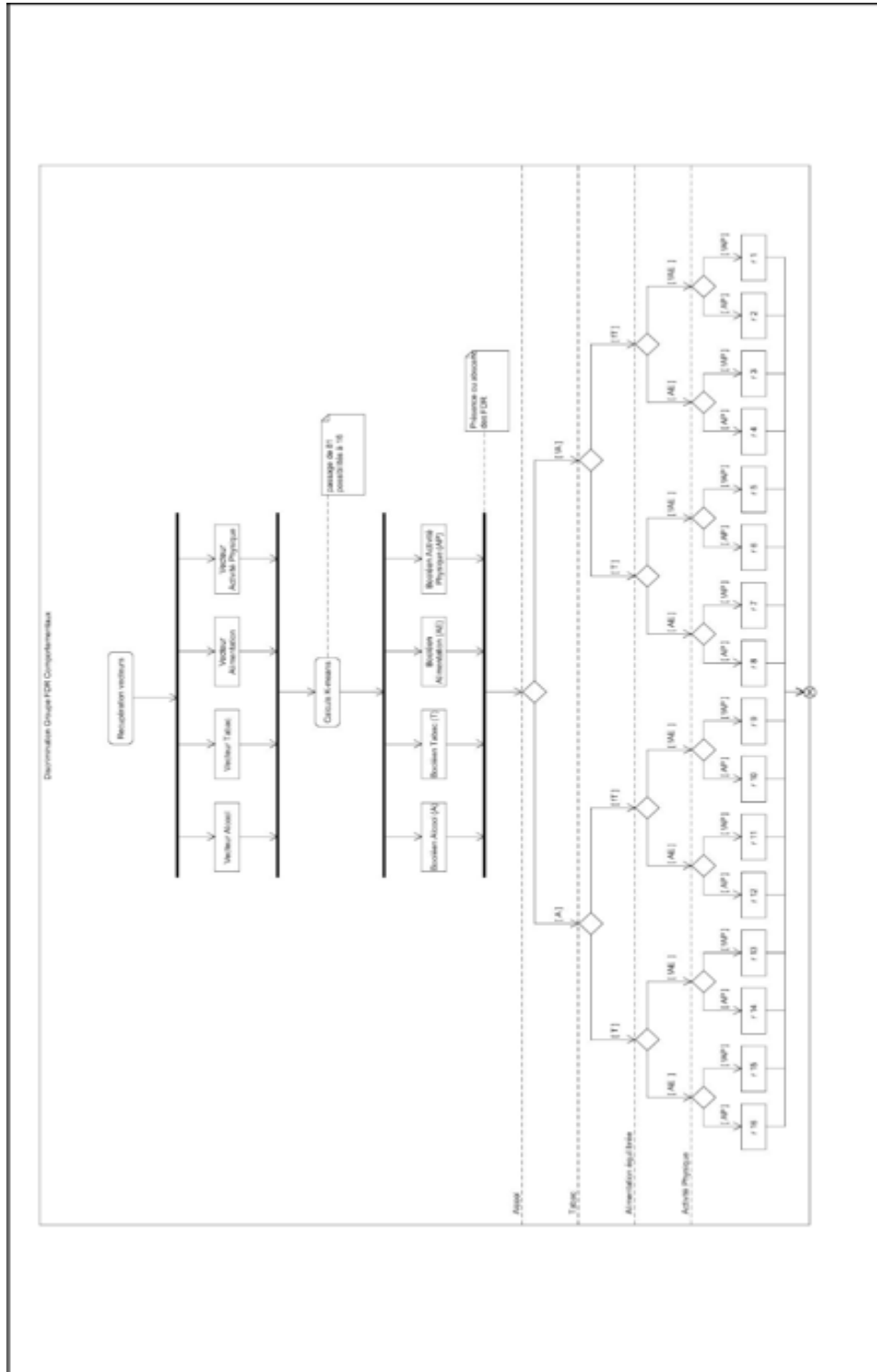


Figure 65 : Classification des groupes de comportements

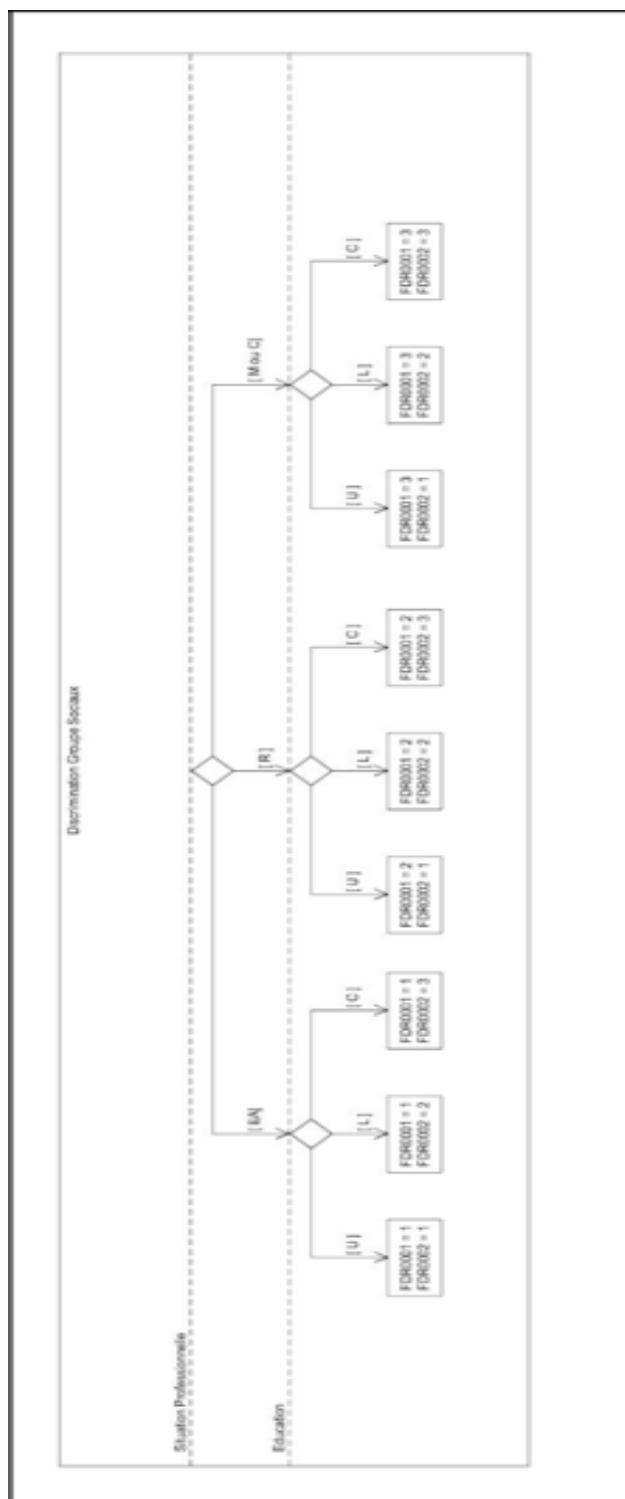


Figure 67 : Classification des facteurs sociaux

B4. Programme National Nutrition Santé extrait PNNS4 2019-2023

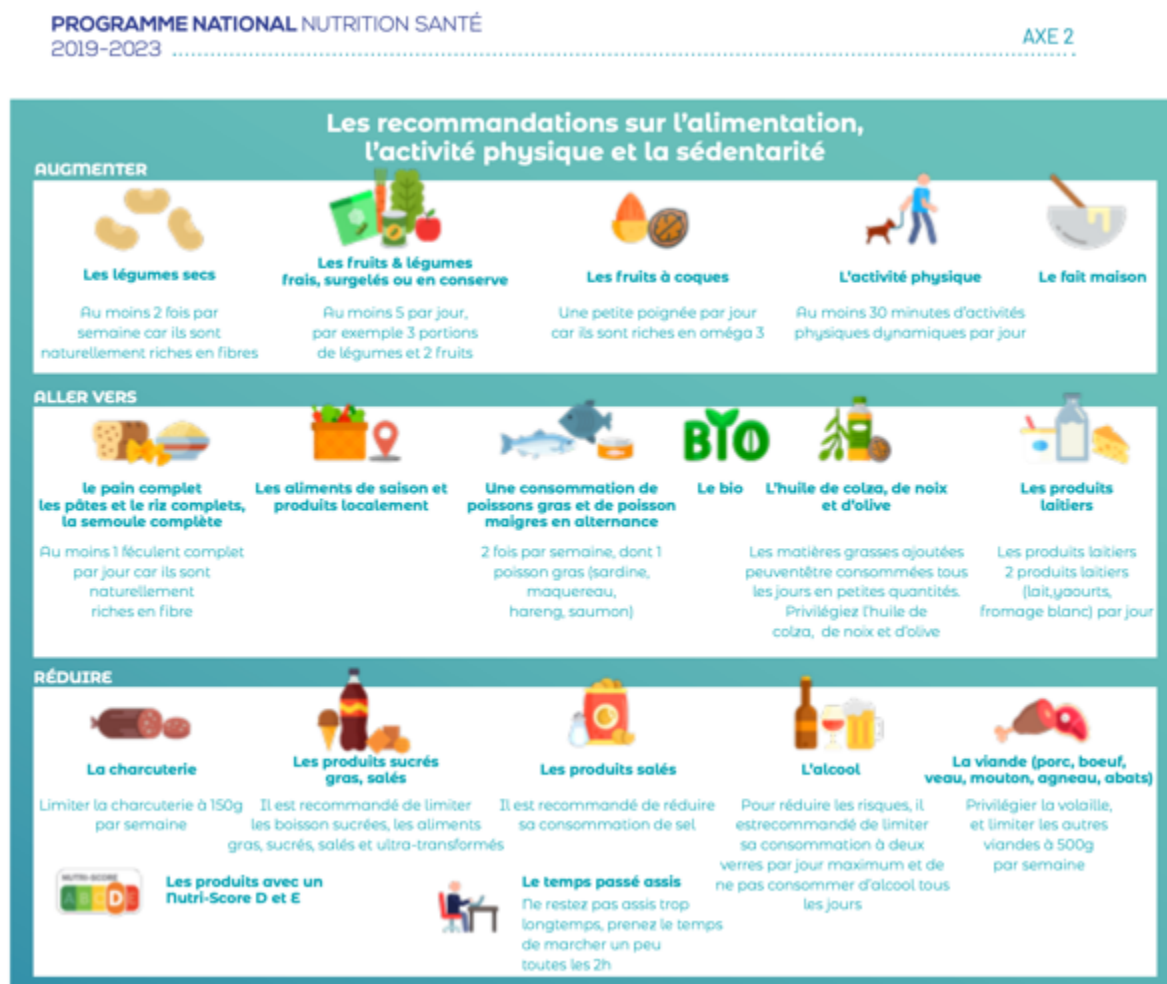


Figure 68: Programme National Nutrition Santé extrait PNNS4 2019-2023

Annexe C

C1. Processus de choix des leviers

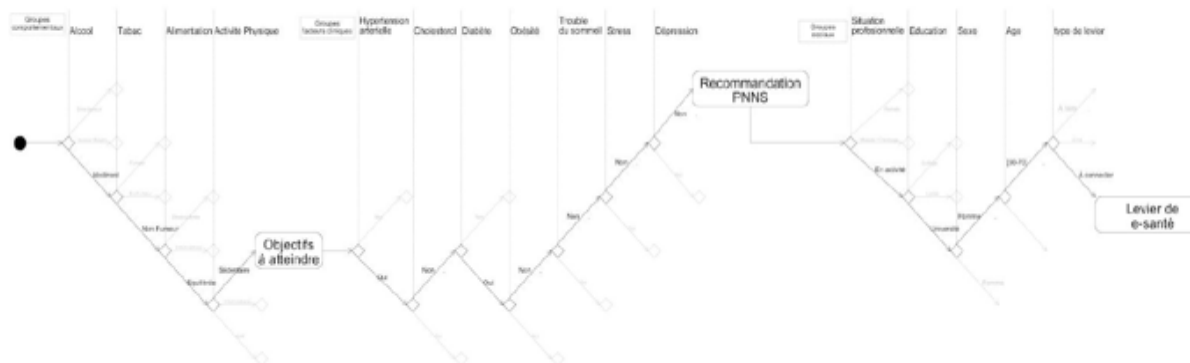
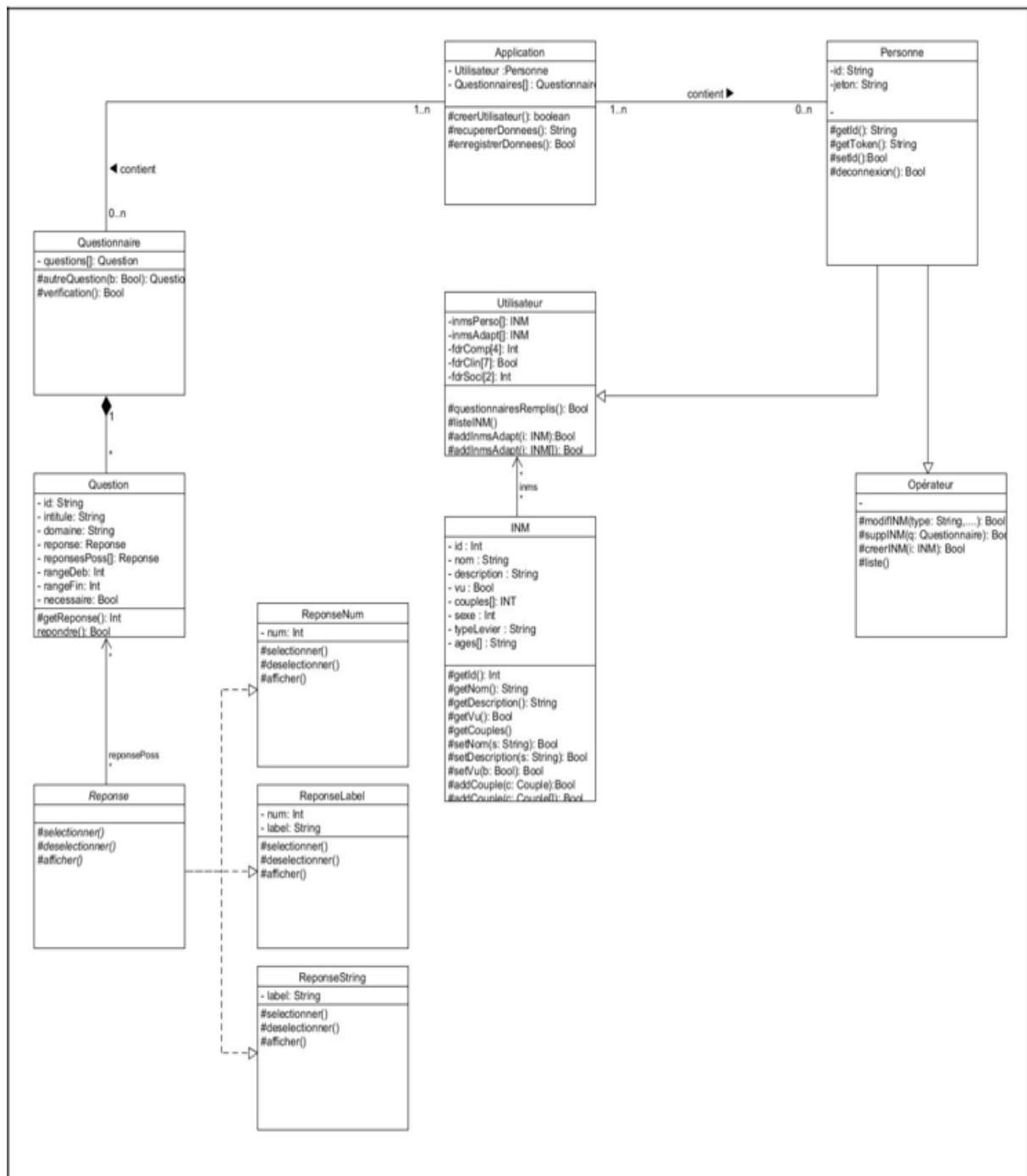


Figure 69: Processus de choix des leviers

C2. Diagramme de Classes UML *Unified Modeling language* (Fouque M, 2019)Figure 70: Diagramme de Classes UML *Unified Modeling language* (Fouque M, 2019)

Annexe D

D1. Accord du comité éthique

CEEI / IRB
Comité d'Evaluation Ethique
de l'Inserm

IRB00003888



Inserm

La science pour la santé
From science to health

CEEI / IRB
Comité d'Evaluation Ethique de l'Inserm

Mme Marie-Christine JAULENT
Université Paris 13

15 rue de l'École de Médecine
75006 PARIS

Dossier suivi par : Christine Dosquet
ceei@inserm.fr

Nos réf: CD/EB 20-023

Paris, le 07 février 2020

Pour faire valoir à qui de droit

Avis n°20-660

Madame,

Le Comité d'Evaluation Ethique de l'Inserm, *Institutional Review Board* de l'Inserm (IRB00003888, IORG0003254, FWA00005831) a donné un avis favorable pour votre projet intitulé :

" Evaluer la qualité et l'ergonomie d'une application mobile de prévention du risque cardio-vasculaire ".

Le CEEI rappelle que l'investigateur s'engage à respecter le protocole déposé et à suivre ses recommandations.

Avec mes salutations distinguées,

Christine DOSQUET
Présidente du CEEI/IRB

République Française

CEEI / IRB de l'Inserm
101 rue de Tolbiac
75654 Paris cedex 13

Figure 71: Accord du comité éthique

D2. Accord de participation

Accord de participation à lire et approuvé

Accord de participation à une étude évaluant la qualité d'une application pour la prévention personnalisée du risque cardio-vasculaire.

Je déclare avoir été informé(e) du déroulement de l'évaluation et déclare avoir compris l'objectif et ce que l'on attend de moi.

Les réponses à mes éventuelles questions m'ont été données et je suis libre de poser toute question supplémentaire pendant et après l'évaluation à Mme Agher Dahbia, doctorante au laboratoire informatique médicale ingénierie des connaissances et e-santé (LIMICS) co-dirigée par Sylvie Despres et Marie-Christine Jaulent.

J'ai été informé(e) de mon droit à refuser ma participation à l'évaluation, et de ma possibilité à retirer mon accord à tout moment, sans nécessité de fournir une explication sur ma décision, et que je n'en subirai aucun préjudice.

J'ai été informé de mon droit d'accès, de rectification, de modification et de suppression des données me concernant (loi "Informatiques et Libertés" du 6 janvier 1978 modifiée).

Pour toute demande, je peux m'adresser directement auprès de la doctorante Dahbia, connect.preventioncv@gmail.com

Date du jour

(De participation et j'accepte de participer à l'évaluation proposée

D3. Invitation à participer à un projet de recherche pour améliorer la prévention des maladies cardiovasculaires

Nous avons besoin de votre aide pour évaluer une application que nous avons conçue dans le domaine cardiovasculaire. Cette application permet d'évaluer son niveau de risque cardiovasculaire et propose des actions personnalisées afin de diminuer ce risque.

Dans le cadre de l'évaluation, vous serez amené à tester l'application et à donner votre avis via un questionnaire prédéfini. Attention l'évaluation ne remplace en aucun cas l'évaluation du risque cardiovasculaire par votre médecin.

Vous pouvez y participer si vous avez plus de 18 ans et que vous n'êtes pas traité(e) pour un accident cardiovasculaire (accident vasculaire cérébrale, maladie coronarienne, responsable de l'angine de poitrine ou encore des infarctus...).

Pour mener à bien notre étude, nous avons besoin d'au moins 50 personnes.

L'étude commence 15 avril 2020 et se termine le 15 juin 2020. Les résultats de l'étude sont strictement anonymes et aucune donnée personnelle n'est conservée.

Nous vous serions très reconnaissant si vous pouviez nous aider à améliorer l'application en participant à cette étude.

Pour toute question, n'hésitez pas à contacter connect.preventioncv@gmail.com

La durée de l'évaluation est estimée à 30/45 minutes : [lien google Forms](#)

N'hésitez pas à partager le lien à vos proches ou ami(e)s.

D3. Questionnaire en ligne uMARS**Étape 1 : Questions vous concernant**

Temps estimé : 5 min

Vous êtes ?

- Femme
- Homme
- Quelle est votre tranche d'âge ?
- 18 à 24 ans
- 25 à 34 ans
- 35 à 49 ans
- 50 à 69 ans
- 70 ans ou plus
- A quelles catégories professionnelles appartenez-vous ?
- Étudiant
- Cadre
- Ouvrier
- Chômeur
- Retraite
- Autres :

Utilisez-vous au moins une fois par semaine ? (Réponses multiples possibles)

- Un smartphone
- Une tablette numérique
- Un ordinateur

Avez- vous déjà utilisé un objet de santé connecté (traqueur d'activité, balance connectée ...) ?

- Oui
- Non

Étape 1 : Questions vous concernant

Temps estimé : 5 min

À quelle fréquence ?

- Au moins une fois par jour
- Au moins une fois par semaine
- Au moins une fois par mois
- Moins d'une fois par mois

Comment ?

- Avec un professionnel de santé
- Avec une application
- Autres :

Quel objet de santé connectés ?

- Traqueur d'activité
- Balance
- Tensiomètres
- Autres :

Étape 1 : Questions vous concernant

Temps estimé : 5 min

Avez-vous déjà évalué votre risque cardio-vasculaire ?

- Oui
- Non

À quelle fréquence ?

- Au moins une fois par jour
- Au moins une fois par semaine
- Au moins une fois par mois
- Moins d'une fois par mois

Comment ?

- Avec un professionnel de santé
- Avec une application
- Autres :

Étape 2-3 : Tester l'application

Temps estimé : 5 min LIENS application : regarder la vidéo puis tester l'application (les données ne seront pas conservées)

Étape 4 : uMARS (Section A à F)

Étape 5 : Dernières questions

Temps estimé 3 min

Êtes-vous satisfait de l'application ?

Non

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Oui

Que pensez-vous des recommandations proposées par l'application ?

- Elles ne sont pas claires
- Elles sont claires mais insuffisantes
- Elles sont claires et suffisantes
- Autres :

Que pensez-vous de la liste des leviers d'interventions numériques de santé proposée dans l'application ?

- Sans avis
- Sans intérêts
- Moyennement bien
- Bien
- Très bien

Utiliseriez-vous, cette application pour vous aider à changer vos habitudes de vie et ainsi diminuer votre risque cardiovasculaire commentaires libres :

D4. Résultats des uMARS

Section	Sous -section	Commentaires des évaluateurs : groupe de discussion ou retour d'information
A. Engagement	Divertissement et intérêt	Commentaire 1 "L'application mobile est amusante et permet de faire une évaluation de nos comportements"
	Personnalisation et interactivité	Commentaire 2 "L'application pourrait être plus interactive et personnalisable avec un chatbot, la possibilité de parler avec un expert, mais aussi avec des rappels et des alertes sur les changements de comportement recommandés"
	Groupe cible	Commentaire 3 "L'application est appropriée et accessible à tous, même pour les personnes âgées qui sont moins habituées aux applications".
B. Fonctionnalité	Performance	Commentaire 4 "Je n'ai eu aucun problème technique quand j'ai utilisé l'application".
	Facilité d'utilisation et de navigation	Commentaire 5 "Très pratique et facile à utiliser. L'application permet de faire une évaluation rapide, mais encourage aussi à changer de comportement, par exemple en faisant plus de sport ou en adaptant la quantité de nourriture".
C. Esthétique	Mise en page	Commentaire 6 "L'esthétique pourrait être améliorée en ajoutant des images en 3D, des animations vidéo, des résumés, des pictogrammes (par exemple des flèches) et des émojis".
	Graphiques, visuels	Commentaire 7 "Les couleurs et les graphiques sont conformes à une application de santé. Même si la couleur bleue est actuellement utilisée pour les applications de santé, je préférerais une couleur verte".
D. Information	Qualité et quantité	Commentaire 8 " Le contenu de l'application est de bonne qualité (...). Le contenu est juste, pertinent, concis, intéressant, clair et soigné".
	Visuels	Commentaire 9 "En ce qui concerne le contenu de l'application, vous pourriez ajouter des images et des informations choquantes telles que celles affichées dans les paquets de cigarettes ou pendant la campagne

		<i>de prévention des accidents de la route".</i>
	Crédibilité de la source	Commentaire 10 <i>"Cette application donne plus de confiance par rapport aux applications disponibles sur les app stores".</i>
E. Subjectif	Qualité	Commentaire 11 <i>"Oui, c'est une bonne application. Je donnerais la note de 4 sur 5, et je l'utiliserai pour vérifier mes résultats et voir si j'ai atteint mes objectifs".</i>
F. Impact perçu	Sensibilisation et connaissances	Commentaire 12 <i>"C'est une très bonne application pour prendre conscience de son comportement et changer son mode de vie, et ainsi prévenir les problèmes de santé. "</i>
	Recherche d'aide et changement de comportement	Commentaire 13 <i>"Utilisé seul non mais associé à un suivi avec un professionnel de santé pourquoi pas".</i>

Tableau 19: Exemples de retours d'information des évaluateurs (sections A à F)

Caractéristiques	Évaluateurs	Pourcentage % (Nombre)
Genre	Femme	54% (28/52)
	Homme	46% (24/52)
Age (ans)	18-24	15% (8/52)
	25-34	44% (23/52)
	35-49	31% (16/52)
	50-69	10% (5/52)
Catégories Socio - professionnelles	Étudiant	21% (11/52)
	Cadre	46% (24/52)
	Ouvrier	4% (2/52)
	Profession libéral	17% (9/52)
	Sans -emploi	8% (4/52)
	Retraite	4% (2/52)
Utilisation >= 1 par semaine	Un ordinateur	4% (2/52)
	Un smartphone	8% (4/52)
	Un smartphone, Un ordinateur	56% (29/52)
	Un smartphone, Une tablette numérique	4% (2/52)
	Un smartphone, Une tablette numérique, Un ordinateur	29% (15/52)
Fréquence d'utilisation de l'objet connecté (présent ou passé)	Oui, => 1jour	19% (10/52)
	Oui, => 1semaine	13% (7/52)
	Oui, => 1mois	8% (4/52)
	Oui, <1mois	12% (6/52)
	Non	48% (25/52)
Modalités d'utilisation des objets connectés avec	Professionnel de santé	2% (1/52)
	Application	44% (23/52)
	Professionnel et application	4% (2/52)
	Non connecté	2% (1/52)
Évaluation du risque cardiovasculaire (présent ou passé)	Oui, <1mois	13% (7/52)
	Non	86% (45/52)
Modalités d'évaluation du risque cardiovasculaire avec	Professionnel de santé	6% (3/52)
	Application	4% (2/52)
	Site internet	2% (1/52)
	Score	2% (1/52)
	Non	86% (45/52)

Tableau 20:Caractéristiques sociodémographiques des évaluateurs

	section A	section B	section C	section D	score moyen par évaluateur
Évaluateurs	moyenne A	moyenne B	moyenne C	moyenne D	A+B+C+D/4
id1	3,2	4,75	4,33	4	4,07
id2	3,2	3,75	2,66	4,5	3,5275
id3	2,4	4	3,33	3,5	3,3075
id4	4,4	5	4,66	5	4,765
id5	4,4	4,5	4,33	4	4,3075
id6	3,6	5	4,33	4,75	4,42
id7	3,2	3,25	3,33	4,25	3,5075
id8	3,4	4	4	4,5	3,975
id9	4	5	4,33	4,75	4,52
id10	4,4	4,25	3,33	4	3,995
id11	3,6	3	3	3,75	3,3375
id12	3,2	4	3	4,25	3,6125
id13	4,2	4,75	3	4,75	4,175
id14	4	4,75	3,66	4	4,1025
id15	4,6	4,75	4	4,75	4,525
id16	3,6	3,75	3,66	4,25	3,815
id17	2,4	2,75	1,66	3,33	2,535
id18	3,6	4	3	4	3,65
id19	2,8	5	4	3,5	3,825
id20	2,4	3,75	3	3,5	3,1625
id21	4,2	4,75	4,33	4,5	4,445
id22	4,2	4,25	4,33	4,75	4,3825
id23	3,4	4	3,33	4,5	3,8075
id24	3,4	4,25	3,33	4,5	3,87
id25	3,8	5	3,66	4,5	4,24
id26	4,6	4,75	4,33	5	4,67
id27	4	4,5	3,66	5	4,29
id28	4,2	4,5	4,33	5	4,5075
id29	3,8	3,75	2,66	3,75	3,49
id30	3,2	4,5	3,66	3,75	3,7775
id31	4	4,25	3,66	4,75	4,165
id32	3,6	4,5	3,66	4	3,94
id33	3,2	4,25	3,66	4	3,7775
id34	4,4	4,75	4	4,5	4,4125
id35	4	5	4,33	4,5	4,4575
id36	3,6	4,25	3,66	4,5	4,0025
id37	3	4,5	3,33	3,75	3,645

id38	2,8	3,5	3	3,75	3,2625
id39	2,8	3,5	3	3,75	3,2625
id40	3,8	5	4	5	4,45
id41	3,4	4,5	3,33	3	3,5575
id42	4,2	4,5	4	4,5	4,3
id43	4,6	4,5	4,33	3,75	4,295
id44	4	4,75	4,33	4,25	4,3325
id45	2	3,5	2,66	3,33	2,8725
id46	4,8	5	4,33	4,75	4,72
id47	3,4	4,25	3,33	3,67	3,6625
id48	3,6	5	3,66	4,5	4,19
id49	4,4	4,75	4,66	4,75	4,64
id50	4,8	4,5	4,66	4,75	4,6775
id51	3,6	4,75	4	3,75	4,025
id52	4,2	4,5	3,66	4,75	4,2775
moyenne	3,68461538	4,35096154	3,68230769	4,24673077	3,99115385
ecart type standard	0,66077335	0,55186763	0,62763988	0,51859811	0,50128669
moyenne	3,68	4,35	3,68	4,24	4,0
ecart type standard	0,66	0,55	0,62	0,52	0,50

Tableau 21: Calcul du score global de uMARS par évaluateur

D5. Résultats des Focus Groups

N°utilisateurs	Signature du volontaire j'ai lu l'accord de participation et j'accepte de participer à l'évaluation proposée	Date des <i>focus groups</i>	Utiliserez-vous, cette application pour vous aider à changer vos habitudes de vie et ainsi diminuer votre risque cardiovasculaire <i>commentaires libres</i> :	<i>Expérience utilisateur</i>
1	oui	18/05/2020	<i>Peut- être</i>	<i>bien</i>
2	oui	18/05/2020	<i>Utiliser seul non, mais associé à un suivi avec un professionnel de santé pourquoi pas</i>	<i>bien</i>
3	oui	18/05/2020	<i>Non, l'application manque de précision. De plus, l'interface n'est pas très attrayante.</i>	<i>moyen</i>
4	oui	21/05/2020	<i>Application très pratique et utile pour une bonne hygiène de vie</i>	<i>Très bien</i>
5	oui	23/05/2020	<i>Probablement si j'ai des problèmes de risques cardiovasculaires</i>	<i>Bien</i>
6	oui	24/05/2020	<i>Oui</i>	<i>Bien</i>
7	oui	24/05/2020	<i>Potentiellement, permet surtout de faire un "état des lieux"</i>	<i>moyennement bien et bien</i>
8	oui	24/05/2020	<i>Oui</i>	<i>Bien</i>
9	oui	24/05/2020	<i>Je pense que les remarques sur ce que je pourrais améliorer sont intéressantes et vont m'encourager à m'améliorer encore.</i>	<i>Bien</i>
10	oui	24/05/2020	<i>Je pense que oui et surtout si mon médecin traitant me le conseil</i>	<i>Bien</i>
11	oui	24/05/2020	<i>oui mais les informations fournies sont trop génériques</i>	<i>moyen et bien</i>
12	oui	25/05/2020	<i>non</i>	<i>moyen et bien</i>
13	oui	25/05/2020	<i>Oui</i>	<i>bien</i>

14	oui	25/05/2020	<i>Oui j'utiliserai cette application pour m'aider à changer mes habitudes de vie.</i>	<i>bien</i>
15	oui	26/05/2020	<i>Oui certainement. Une application permettant de sensibiliser sur les risques alimentaires et nous encourager plus à utiliser la digitalisation et les applications de santé.</i>	<i>bien</i>
16	oui	27/05/2020	<i>Certainement si les propositions de changement de rythme de vie étaient plus détaillées et orientées plus sur les comportements à voir</i>	<i>Bien</i>
17	oui	27/05/2020	<i>Non</i>	<i>Bien</i>
18	oui	27/05/2020	<i>Oui, pour y voir plus clair dans ses habitudes alimentaires et physiques</i>	<i>Moyennement bien</i>
19	oui	27/05/2020	<i>Non</i>	<i>Bien</i>
20	oui	30/05/2020	<i>Non</i>	<i>Bien</i>
21	oui	31/05/2020	<i>Oui</i>	<i>Bien</i>
22	oui	31/05/2020	<i>Oui volontiers je l'utiliserai pour essayer de changer certaines de mes habitudes de vie</i>	<i>très bien</i>
23	oui	31/05/2020	<i>Pourquoi pas mais il faudrait instaurer un réel suivi</i>	<i>très bien</i>
24	oui	31/05/2020	<i>Oui, avec un suivi et plus d'informations.</i>	<i>très bien</i>
25	oui	01/06/2020	<i>Oui</i>	<i>très bien</i>
26	oui	01/06/2020	<i>J'utiliserai cette application pour changer mes habitudes de consommation et éviter tout problèmes vasculaires plus tard. C'est aujourd'hui qu'il faut faire des exercices et manger sainement</i>	<i>très bien</i>

			<i>car plus tard il sera trop tard</i>	
27	oui	04/06/2020	<i>Oui, l'application semble très complète. J'ai apprécié le fait de nous orienter vers de nouveaux outils de suivi dont la qualité est vérifiée par un organisme de santé. Nous sommes souvent noyés par une quantité importante d'application santé, sans pour autant être sûr de la véracité des informations fournis par celles-ci. J'aurais quelques critiques sur l'aspect visuel de l'application, plus d'images, d'icônes, d'animations.</i>	<i>très bien</i>
28	oui	05/06/2020	<i>Oui, bien sûr</i>	<i>très clair et agréable bien expliqué</i>
29	oui	05/06/2020	<i>Je pense qu'il faut améliorer le visuel de l'application. concernant les recommandations je trouve qu'il y en a trop et du coup on est un peu noyer sous les informations dans la catégorie alimentaire. peut-être une erreur de ma part dans la sélection des aliments ?</i>	<i>bien en famille c'est mieux</i>
30	oui	05/06/2020	<i>Je pourrais l'utiliser si l'application permettait une plus grande personnalisation. Les applications santé m'intéressent, le questionnaire permet de souligner des</i>	<i>on réalise bien en groupe en couple</i>

			<i>problèmes liés à notre alimentation.</i>	
31	oui	05/06/2020	<i>L'application pourrait aller plus loin dans la personnalisation et dans le questionnement des points en "non-conformité", préciser le type d'alcool. Etre plus précis dans les questions.</i>	<i>expérience intéressante</i>
32	oui	07/06/2020	<i>Non</i>	<i>Très bien</i>
33	oui	07/06/2020	<i>Oui</i>	<i>Très bien</i>
34	oui	07/06/2020	<i>Peut-être mais pour le moment non</i>	<i>Très bien</i>
35	oui	07/06/2020	<i>Oui avec des rappels ou des challenges</i>	<i>Très bien</i>
36	oui	07/06/2020	<i>C'est une des possibilités qui peuvent s'offrir</i>	<i>Très bien</i>
37	oui	07/06/2020	<i>Peut-être</i>	<i>un peu long mais bien</i>
38	oui	07/06/2020	<i>Je ne pense pas</i>	<i>bien</i>
39	oui	07/06/2020	<i>Je ne pense pas</i>	<i>Très bien</i>
40	oui	07/06/2020	<i>C'est une bonne application, qui fait ressortir nos risques sanitaires, cependant j'aurais aimé avoir des conseils plus détaillés dans la catégorie nutritionnelle pour comprendre comment je dois mieux manger.</i>	<i>Très bien</i>
41	oui	07/06/2020	<i>Non par manque de volonté à changer mes habitudes</i>	<i>bien</i>
42	oui	08/06/2020	<i>Oui biensur, surtout pour le changement de mes habitudes et mes comportements</i>	<i>Très bien clair et agréable</i>
43	oui	08/06/2020	<i>oui</i>	<i>rapide et simple</i>
44	oui	09/06/2020	<i>Non, car je ne suis pas tellement connecté et pense avoir les notions de risque</i>	<i>rapide ni trop ni pas assez</i>
45	oui	10/06/2020	<i>Peut-être</i>	<i>simple et bien</i>

46	oui	10/06/2020	Oui	Très bien clair et agréable
47	oui	10/06/2020	Oui en théorie ça pourrai être envisageable en test	Très bien parfait claire
48	oui	12/06/2020	Pour un suivi efficace, l'application doit intégrer un module journalier / hebdo des consommations nutritives, tabac, alcool et doit interagir avec les données santé proposée nativement aujourd'hui par les smartphones/montres connectées (nombre de pas journalier, estimation durée de sommeil, estimation utilisation des appareils électroniques/écrans. Afin d'encourager les utilisateurs à avoir une activité élevée et une alimentation saine.	moyennement bien et bien
49	oui	13/06/2020	oui	très bien
50	oui	13/06/2020	oui, bien sûr	très clair
51	oui	14/06/2020	oui	très bien, efficace, rapide de compréhension
52	oui	14/06/2020	oui	Très bien clair et agréable

Tableau 22 : Réponses des expériences de 52 utilisateurs évaluateurs en focus group pour l'application Prevent Connect

Annexe E

E1. Méthodologie MR-004

Dans le cadre de la méthodologie de référence relative aux traitements de données à caractère personnel mis en œuvre dans le cadre des recherches n'impliquant pas la personne humaine, études et évaluations dans le domaine de la santé (MR-004)

Rappel des textes réglementaires concernant la protection des données personnelles

1. Le traitement des données : de manière loyale et licite ;
2. La finalité d'un traitement : déterminé, explicite et légitime (Tout traitement ultérieur incompatible avec la finalité est un détournement de finalité passible de sanctions pénales) ;
3. La proportionnalité de la collecte des données : adéquates, pertinentes et non excessives au regard de la finalité pour lesquelles elles sont collectées et de leurs traitements ultérieurs ;
4. La temporalité : La durée de conservation doit être établie en fonction de la finalité de chaque. Les données peuvent être conservées jusqu'au rapport final de la recherche ou jusqu'à la publication des résultats de la recherche ;
5. La sécurité et la confidentialité :
 - Le responsable du traitement, est astreint à une obligation de sécurité. Il doit faire prendre les mesures nécessaires pour garantir la confidentialité des données et éviter leur divulgation ;
 - Les données contenues dans les fichiers ne peuvent être consultées que par les services habilités à y accéder en raison de leurs fonctions ;
 - Le responsable du traitement doit prendre toutes mesures pour empêcher que les données soient déformées, endommagées ou que des tiers non autorisés y aient accès. S'il est fait appel à un prestataire externe, des garanties contractuelles doivent être envisagées ;
 - Les mesures de sécurité, tant physique que logique, doivent être prises. (Par ex : Protection anti-incendie, copies de sauvegarde, installation de logiciel antivirus, changement fréquent des mots de passe alphanumériques d'un minimum de 8 caractères) ;
 - Les mesures de sécurité doivent être adaptées à la nature des données et aux risques présentés par le traitement ;
6. Principe du respect du droit des personnes : Droit d'information, droits d'accès et de rectification, droit d'opposition.

Sécurité liée spécifiquement à la MR-004

La mise en œuvre de traitements de données à caractère personnel intervenant dans le cadre de la recherche s'effectue sous la responsabilité du responsable de traitement, et/ou chez des tiers agissant pour son compte, dans le respect des dispositions des articles 25, 32 à 35 du règlement général sur la protection des données.

En particulier, le responsable de traitement effectue une analyse d'impact relative à la protection des données, menée conformément aux dispositions de l'article 35 du règlement général sur la protection des données, qui doit couvrir en particulier les risques sur les droits et libertés des personnes concernées. Il met en œuvre les mesures techniques et organisationnelles appropriées

afin de garantir un niveau de sécurité adapté aux risques identifiés. Une seule et même analyse peut porter sur un ensemble d'opérations de traitement similaires qui présentent des risques similaires.

Afin de cadrer cette démarche et de justifier de sa mise en œuvre, le responsable de traitement est invité à procéder comme suit à :

1. La réalisation d'un schéma fonctionnel avec les flux de données personnelles et leurs supports ;
2. L'identification des mesures de sécurité mises en œuvre ;
3. L'identification des violations potentielles des données, en précisant la gravité des impacts sur les personnes concernées et la vraisemblance des menaces rendant possibles ces violations.

Le responsable de traitement prend toutes les précautions utiles pour préserver la sécurité des données traitées, en particulier leur confidentialité, leur intégrité et leur disponibilité. Pour ce faire, il définit, met en œuvre et contrôle l'application d'une politique de sécurité et de confidentialité. Celle-ci pourra notamment décrire, pour la partie concernant les mesures techniques et organisationnelles visant à réduire les risques :

1. Les mesures de sécurisation physique des matériels et des locaux ainsi que les dispositions prises pour la sauvegarde des fichiers ;
2. Les modalités d'accès aux données, en particulier la gestion des habilitations, les mesures d'identification et d'authentification, les procédures ;
3. Les mesures de traçabilité des accès aux informations médicales ainsi que l'historique des connexions ;
4. Les mesures de sécurité devant être mises en œuvre pour les transmissions de données.

Pour plus de détails :

<https://www.cnil.fr/fr/declaration/mr-004-recherches-nimpliquant-pas-la-personne-humaine-etudes-et-evaluations-dans-le>

https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do;jsessionid=4941B11FB7C531A046EC7E6199A84A60.tplgfr24s_1?cidTexte=JORFTEXT000037187498&dateTexte=&oldAction=rechJO&categorieLien=id&idJO=JORFCONT000037186583

E2. Demande des données GAZEL

Titre (Le titre de votre étude sera rendu public)		Modélisation des comportements à partir de données de vie réelle pour personnaliser l'aide à la prévention du risque cardio-vasculaire en e-santé.
Titre court / acronyme (Le titre de votre étude sera rendu public)		PRECOMSANT
Equipe(s) projet	Nombre d'équipes associées à l'étude, recherche ou évaluation* :	LIMICS Laboratoire d'Informatique Médicale et d'Ingénierie des Connaissances en E-Santé
	Nom, titre et fonction du responsable de l'équipe coordinatrice :	JAULENT Marie-Christine Directeur / DR UMRS1142 - LIMICS UMRS1142 - LIMICS JAULENT Marie-christine Campus des Cordeliers INSERM U 1142 - LIMICS 15 rue de l'école de médecine Esc D - 2ème étage 75006 Paris
Contexte de l'étude, recherche ou évaluation		Projet relatif à la thèse de Mme Dahbia AGHER effectuée en codirections au sein du LIMICS. Notre hypothèse de recherche est que des interventions non médicamenteuses mieux adaptées aux profils utilisateurs peuvent constituer un levier de changement du mode de vie dans le cadre d'une prévention personnalisée en e- santé.
Objectifs principal et secondaires		L'objectif principal est de répondre, dans la mesure du possible, à la question de l'impact des services de santé connectés selon les préférences d'un profil utilisateur dans le domaine de la prévention du risque cardio-vasculaire. Les objectifs secondaires sont doubles. Il s'agit d'une part d'établir une classification des comportements répondant favorablement à des types particuliers de services d'aide à la prévention du risque cardio-vasculaire. D'autre part, nous souhaitons développer un système d'aide à la décision intégrant les préférences des personnes pour décider des leviers de changement les plus adaptés à l'environnement de vie de l'utilisateur. Le projet sera réalisé selon les 3 étapes suivantes : - À partir d'une analyse de données en vie réelle issues des réponses à des questionnaires portant sur le mode de vie et l'environnement de vie, des comportements type dans la population seront mis en évidence par regroupement de comportements similaires.

	<p>- À partir d'une analyse des guides de recommandations de la prévention du risque cardio-vasculaire, les recommandations seront personnalisées en fonction des profils de comportements déterminés avant.</p> <p>- À partir d'une étude de la littérature sur les préférences des services d'e-santé selon l'environnement de l'utilisateur, un système d'aide à la décision sera développé afin d'orienter vers le levier garantissant au mieux le succès du changement de comportement en prenant en compte les recommandations personnalisées pour le profil de la personne et de ses préférences.</p>
Intérêt public de l'étude, la recherche ou l'évaluation	<p>Les objets connectés de santé sont considérés comme des outils à fort potentiel pour la modification du mode de vie des personnes en induisant des changements positifs vers l'adoption de comportements plus bénéfiques pour la santé. Selon la solution e-santé proposée, certains utilisateurs sont des répondeurs et d'autres des non répondeurs.</p> <p>Actuellement les préférences, contraintes et caractéristiques du patient ne sont pas prises en compte dans les guides de bonnes pratiques qui incluent des recommandations de prévention.</p>
Type d'étude (cohorte rétrospective, cas témoin...)	Une étude rétrospective
Population concernée (critères d'inclusion et de non inclusion)	Cohortes GAZEL
La population d'étude	20 000 pour la cohorte GAZEL
Information individuelle des patients prévue	<p>Oui (la fournir)</p> <p>X Non demande de dérogation (à justifier dans le protocole)</p> <p>Non concerné car données du SNDS exclusivement</p>
la justification dans le protocole	<p>Au sein de l'UMS 11 qui a la responsabilité de la cohorte GAZEL les participants sont identifiés par un numéro « GAZEL ».</p> <p>Dans les projets de recherche adossés à GAZEL, les personnes sont identifiées par un numéro non signifiant créé spécifiquement pour chaque étude, par l'équipe GAZEL, qui assurera par ailleurs la gestion de la table de correspondance entre ce numéro et le numéro « GAZEL ».</p> <p>Ce numéro spécifique à chaque étude interdit le croisement de données individuelles entre des études différentes. Il est composé de 8 caractères : les 2 premiers valent la référence interne du projet GAZEL (en AA), le 3e correspond à un numéro de sous projet si nécessaire, les 5 derniers sont incrémentés et attribués au hasard.</p> <p>La table de correspondance entre les numéros non signifiant spécifiques à chaque étude et le numéro GAZEL est conservée au sein de l'UMS 011, dans une base de données sécurisée à laquelle seuls les utilisateurs habilités de l'UMS 011 ont accès.</p> <p>Les données sont fournies par l'UMS 11 sous la forme d'un ou plusieurs fichiers texte « .txt » au format CSV (délimiteur point-virgule).</p> <p>Ces fichiers de données sont accompagnés du descriptif des variables et du codage des modalités.</p>

	Cet ensemble, compressé et protégé par un mot de passe, est mis à disposition du responsable du projet via la plateforme de partage de fichiers sécurisée de L'Inserm (réseau Renater).
Origine des données de santé à caractère personnel (source(s) utilisées)	Réponses des auto-questionnaires
Mode de recueil des données à caractère personnel (papier, électronique...) et lieu d'hébergement de la base de données**	Après désarchivages les données seront hébergées sur un serveur du LIMICS Recueil électronique des données Lieu d'hébergement de la base de données : Campus des Cordeliers INSERM U 1142 - LIMICS 15 rue de l'école de médecine Esc D - 2ème étage 75006 Paris
Méthode et critères d'appariement le cas échéant	N/A
Circuit des données à caractère personnel et modalité de protection de leur confidentialité***	Les données demandées sont uniquement utilisées dans le cadre d'une méthode de classification. Transmission de données recueillies dans le cadre de la cohorte GAZEL Au sein de l'UMS 11 qui a la responsabilité de la cohorte GAZEL, les participants sont identifiés par un numéro « GAZEL ». Dans les projets de recherche adossés à GAZEL, les personnes sont identifiées par un numéro non significatif créé spécifiquement pour chaque étude, par l'équipe GAZEL qui assurera par ailleurs la gestion de la table de correspondance entre ce numéro et le numéro « GAZEL ». Ce numéro spécifique à chaque étude interdit le croisement de données individuelles entre études différentes. Il est composé de 8 caractères : les 2 premiers valent la référence interne du projet GAZEL (en AA), le 3e correspond à un numéro de sous projet si nécessaire, les 5 derniers sont incrémentés et attribués au hasard. La table de correspondance entre les numéros non significatifs à chaque étude et le numéro GAZEL est conservée au sein de l'UMS 011, dans une base de données sécurisée à laquelle seuls les utilisateurs habilités de l'UMS 011 ont accès. Les données sont fournies par l'UMS 11 sous la forme d'un ou plusieurs fichiers Texte « .txt » au format CSV (délimiteur point-virgule). Ces fichiers de données sont accompagnés du descriptif des variables et du codage des modalités. Cet ensemble, compressé et protégé par un mot de passe, est mis à disposition du responsable du projet via la plateforme de partage de fichiers sécurisée de l'Inserm (réseau Renater). Une fois l'archive téléchargée, le responsable du projet contacte l'UMS 11 pour obtenir le mot de passe permettant le désarchivage. Après désarchivages Récupération dans une baseMySQL et logiciel JMPpro Le logiciel Jmp pro sera installé sur le serveur (localement) et utilisé uniquement localement.

	<p>Les données seront sous format csv pour dans la base My SQL pour effectuer des interrogations, requêtes. Contrôle des accès</p> <p>Par identifiant et mot de passe Il est de la responsabilité de l'utilisateur de maintenir la confidentialité de ses informations de connexion.</p> <p>Les données transmises à la doctorante Mme Dahbia AGHER sont destinées : pour ses travaux de thèse sous la co-direction de Madame Sylvie Despres, et Madame Marie-Christine Jaulent. Aux personnes habilitées suivantes : Dr. Sylvie Desprès, Dr Marie-Christine Jaulent, Dr. Karima Sedki, Dr Pierre Meneton, Dr. Melanie Courtine et Mr Stephen Besseau.</p>
	<p>Méthode de classification du projet de thèse :</p> <p>Une analyse supervisée et/ ou non supervisée de données en vie réelle des patients issues des réponses aux questionnaires portant sur le mode de vie et la qualité de vie. Les méthodes envisagées pour réaliser cette étape incluent : - des méthodes statistiques - des méthodes d'apprentissage telle que l'algorithme des K-means Ces méthodes sont disponibles via l'outil JMP Pro.</p>
Calendrier et organisation de l'étude, recherche ou évaluation****	<p>Thèse en 3 ans (DÉCEMBRE 2017- NOVEMBRE 2020) Déclaration MR-004 Février 2019 Demande des données à la suite de l'obtention de la MR 004 fin février 2019 aux équipes de GAZEL Conception d'une base de données mars -avril-2019 Analyse pour classification mai 2019 Modélisation d'un système d'aide à la décision spécification juin - Septembre Analyses des résultats – articles scientifiques novembre 2019 Analyses de validations statistiques sur des données agrégées Validation avec les données Constances décembre 2019 Soutenance novembre 2020.</p>
Transparence des résultats (Indiquer si une communication des résultats est prévue et, si oui, par quels moyens et dans quel délai) *****	<p>Articles scientifiques des travaux de thèses Soutenance de thèse</p>

* Détailler dans le protocole, pour chaque équipe, le nom et fonction des personnes participant à l'étude

** Joindre le cas échéant en fin de protocole le(s) supports utilisé(s) pour le recueil des données à caractère personnel

*** Attribution d'un code individuel : préciser la structure alphanumérique du code (par exemple : nom du centre numéro d'ordre), utilisation d'une ou plusieurs tables de correspondance (conservation dans les centres investigateurs ou centralisation), localisation de ces tables et durée de conservation..., sécurisation des échanges.

Formations doctorales



Activités doctorales (Erasme) ou Formations Disciplinaires (Galilée) :

Intitulé	Date ou période	Validation	ECTS / HEURES
La rencontre scientifique : Activité physique et santé : des mécanismes aux interventions non médicamenteuses - Paris	06/12/18		6 heures
38ième journée de l'hypertension artérielle	13 et 14/12/2018		12 heures
5ième journée scientifique annuelle des cohortes Constances et Gazel	16/05/18		6 heures
Forum Paris Bio Tech Santé - Paris Descartes	27/11/18		6 heures
29ièmes journées européennes de la société française de cardiologie	16 au 19/01/2019		24 heures
Colloque : Activité physique - prévention et traitement des maladies chroniques-INSERM	16/02/2019		6 heures
Congrès de la société Francophone du Diabète 2019	26 au 29/03/2019		24 heures

Activités scientifiques personnalisées (Erasme) ou Formations Transversales (Galilée) :

Type d'activité / Intitulé	Date ou période	Validation	ECTS / HEURES
Formation : "Chercheurs comment valoriser le fruit de vos recherches" - ANRT	16/10/18		6 heures
Formation : Le Big Bang Santé du Figaro	18/10/18		7.50 heures
Journée une vision transversale des sciences	22/05/18		10 heures
Garder la maîtrise d'un patrimoine informationnel- ANRT	06/02/19		6 heures

DATE : 02.04.2019

SIGNATURE CO-DIRECTEUR DE THESE :

www.univ-paris13.fr

Villetaneuse - Saint-Denis - Bobigny - Saint-Denis - La Plaine - Argenteuil

Membre fondateur de :



Figure 72: Attestation de formation de l'ED Galilée

Glossaire

Activité physique : Tout mouvement corporel produit par les muscles squelettiques, responsable d'une augmentation significative de la dépense énergétique supérieur à la valeur de repos.

Activité physique adaptée : activité physique et sportive adaptée aux capacités de personnes à besoins spécifiques (atteintes de maladies chroniques, vieillissantes, en situation de handicap ou vulnérables), au risque médical, aux besoins et attentes des pratiquant et, le cas échéant, aux indications et contre-indications du médecin traitant. (expertise collective, activité physique, prévention et traitement des maladies chroniques, Inserm 2019).

Adhésion : peut être définie comme la persistance dans le temps d'une utilisation correcte de l'intervention. L'intervention est un levier qui a pour fonction de cibler un facteur de risque et qui combine une fonction « motivationnelle ». Le terme d'adhérence, qui est un anglicisme, sera employé comme synonyme du terme français d'adhésion afin de nous référer à la notion d'adhésion thérapeutique.

Auto-Questionnaire : regroupe les informations (qualitative) sur le mode de vie de la personne (niveau d'études, préférences, habitudes alimentaires, auto-évaluation de l'activité physique [actif, très actif, inactif], adhésion aux règles hygiéno-diététiques, statut professionnel [cadre actif, ouvrier, retraité, chômeur]).

Comorbidité : La comorbidité désigne la ou les maladies qui sont associées à une maladie ou condition chronique initiale. Par exemple, les comorbidités associées à l'obésité sont le diabète, les maladies cardiovasculaires.

Compliance : recherche de soumission et de conformité du patient aux directives du médecin, dans un type de relation qui place le professionnel dans un rôle d'autorité.

Droit à la portabilité : offre aux personnes la possibilité de récupérer une partie de leurs données dans un format ouvert et lisible par machine. Elles peuvent ainsi les stocker ou les transmettre facilement d'un système d'information à un autre, en vue de leur réutilisation à des fins personnelles. Ce droit est introduit par le Règlement européen 2016/679 et la loi pour la République Numérique du 7 octobre 2016.

Éducation Thérapeutique : L'éducation thérapeutique du patient est un processus continu, intégré aux soins et centré sur le patient. Il comprend des activités organisées de sensibilisation, d'information, d'apprentissage et d'accompagnement psychosocial concernant la maladie, le traitement prescrit, les comportements de santé et de maladie du patient.

L'éducation thérapeutique intégrée à une intervention en activité physique adaptée peut avoir comme objectif d'aider le patient, à prendre conscience de ses habitudes de vie en termes d'activité physique, sédentarité, alimentation déséquilibrée et leurs enjeux pour sa santé.

Inactivité physique : L'inactivité physique est définie comme une pratique d'activité physique modérée soit l'équivalent de 30 minutes cinq fois par semaines pour les adultes.

Implémentation : consiste en la mise en place sur un support informatique, comme un ordinateur, un smartphone, ou encore une tablette, d'un logiciel adapté aux besoins et à la configuration informatique de l'utilisateur.

Intervention Non Médicamenteuse (INM) : Une INM est une intervention non invasive et non pharmacologique qui vise à prévenir, soigner ou guérir un problème de santé. Elle se matérialise sous la forme d'un produit, une méthode, d'un programme, ou d'un service dont le contenu doit être connu de l'utilisateur. Elle a un impact observable sur des indicateurs de santé, de qualité de vie, comportementaux et socio-économiques. Sa mise en œuvre nécessite des compétences relationnelles, communicationnelles et éthique. (selon Expertise Collective Inserm- 2020)

Intervention Numérique de Santé (INS) : INS sont une catégorie d'INM comme des solutions digitales, applications mobiles, objets de santé connectés, réseaux sociaux.

Logigramme : Le logigramme est un outil d'analyse qui permet de représenter de façon ordonnée et séquentielle, l'ensemble des tâches ou événements mis en œuvre pour réaliser une activité donnée. Il est constitué d'un ensemble de symboles relié par des flèches.

Maladie chronique : Les maladies chronique sont des affections de longue durée qui évoluent lentement comme le diabète, hypertension, l'obésité. Elles se caractérisent au-delà de leur durée par leurs répercussions sur la vie quotidienne. Le point commun est l'effet sur les dimensions sociale, psychologique et économique de la vie du malade.

Prévention : constitue l'ensemble des mesures visant à éviter ou réduire le nombre et la gravité des maladies, des accidents et des handicaps (OMS, 1948).

Prévention primaire : ensemble des actes visant à diminuer l'incidence d'une maladie dans une population et donc réduire, à ce stade de la prévention les conduites individuelles à risque sont par conséquent pris en compte, comme les risques en terme environnementaux ou sociétaux.

Prévention secondaire : diminuer la prévalence d'une maladie dans une population. Ce stade recouvre les actes destinés à agir au tout début de l'apparition du trouble ou de la pathologie afin de s'opposer à son évolution ou encore destinés à faire disparaître les facteurs de risque. (OMS,1984)

Promotion de la santé : La promotion de la santé a pour but de donner aux individus davantage de maîtrise de leur propre santé et davantage de moyens de l'améliorer. Elle ne se borne pas seulement à préconiser l'adoption de modes de vie qui favorisent la bonne santé, son ambition est le bien-être complet de l'individu. (Charte d'Ottawa,1986).

Qualité de vie : La qualité de vie liée à la santé est un « agrégat de représentation fondées sur l'état de santé, l'état physiologique, le bien-être et la satisfaction de vie ».

Risque cardio-métabolique : Les risques cardio-métaboliques (RCM) désignent les facteurs de risque qui augmentent la probabilité d'être victimes d'un accident vasculaire ou de développer le diabète. Ce concept englobe les facteurs de risque traditionnels compris dans les calculateurs de risque, comme l'hypertension, la dyslipidémie et le tabagisme, ainsi que les facteurs de risque nouvellement reconnus comme l'obésité abdominale, le profil inflammatoire et l'ethnicité. Les médecins de soins primaires sont les mieux placés pour identifier ces facteurs, car la plupart des patients les consultent à un stade précoce sans présenter de symptômes.

Sédentarité : La sédentarité est définie par une situation d'éveil caractérisé par une dépense énergétique faible en position assise ou allongé. La sédentarité ou le comportement sédentaire, qui se distingue de l'inactivité physique, a des effets délétères indépendants de celle-ci sur la santé. (expertise collective Inserm, 2019)

Sport : Activité physique codifiée, dont l'entraînement et l'entraînement et la compétition sont des moyens, et l'amélioration de la performance et le dépassement de soi, les finalités.

UML Langage de modélisation unifiée est une notation basée sur les méthodes Booch, OMT (Rumbaugh), OOSE (Jacobson), a été construite afin de standardiser les artefacts de développement (modèles, notation, diagrammes) sans standardiser le processus de développement.

Titre : Ingénierie des connaissances pour le choix d'interventions numériques de santé application en prévention du risque cardio-vasculaire

Mots clés : prévention primaire du risque cardiovasculaire, m-santé, interventions numériques de santé, conception, évaluation ergonomique, application mobile

Résumé : Les services de santé connectés sont considérés comme des outils à fort potentiel pour la modification du mode de vie des personnes. Ils induisent en effet des changements positifs vers l'adoption de comportements plus bénéfiques pour la santé. En nous situant dans le contexte de la prévention du risque de maladies cardio-vasculaires, l'hypothèse de recherche est que le profil de l'utilisateur (médical, comportemental et social) permet de prédire le type d'application connectée qui constituera pour cet utilisateur un levier efficace pour la prévention de ces maladies. L'objectif principal de la thèse est de concevoir, développer et évaluer un système d'aide à la décision pour l'aide à la sélection du levier garantissant au mieux le suivi des recommandations en prévention primaire du risque cardio-vasculaire. Dans un premier temps, une revue systématique de la littérature a été réalisée pour identifier les différents types d'interventions en s'intéressant en particulier aux facteurs de risques qu'elles ciblent et à la question de l'adhésion dans le temps des utilisateurs à ces interventions. La conception du système d'aide à la décision s'est appuyée d'une part sur un modèle de données, inspiré d'un jeu de données en vie réelle issue de la cohorte GAZEL et, d'autre part, sur des connaissances institutionnelles, sous forme de recommandations formalisées par des règles de décision. Le système d'aide à la décision a été implémenté dans une application mobile. Une évaluation qualitative et ergonomique de l'application mobile à l'aide de la version des utilisateurs finaux de l'échelle de notation *uMARS* (*User Version of the Mobile Application Rating Scale*) a été effectuée sur 52 utilisateurs de 18 à 60 ans. La première version de l'application a obtenu une note globale de 4/5 sur *uMars*. Une perspective de ce travail consiste à renforcer la personnalisation du choix des leviers pour optimiser l'adhésion et l'impact de ces technologies. Cela nécessitera de conduire des évaluations à plus grande échelle et sur des temps plus longs

Title: Knowledge engineering for the choice of digital health interventions application in cardiovascular risk prevention

Keywords: primary prevention of cardiovascular risk, m-health, Connected Health Interventions ergonomic assessment, implementation, mobile application.

Abstract: Connected health services are seen as tools with great potential for changing people's lifestyles. They induce positive changes towards the adoption of behaviors that are more beneficial to health. In the context of cardiovascular disease risk prevention, the research hypothesis is that the user profile (medical, behavioral and social) predicts the type of connected application that will be an effective lever for the prevention of these diseases. The main objective of the thesis is to design, develop and evaluate a decision support system to help in the selection of the lever that best guarantees the follow-up of recommendations in primary prevention of cardiovascular risk. Initially, a systematic review of the literature was carried out to identify the different types of interventions, focusing in particular on the risk factors they target and on the question of users' adherence to these interventions over time. The design of the decision support system was based on the one hand on a data model, inspired by a real-life data set from the GAZEL cohort and, on the other hand, on institutional knowledge, in the form of recommendations formalised by decision rules. The decision support system was implemented in a mobile application. A qualitative and ergonomic evaluation of the mobile application using the end-user version of the *uMARS* (*User Version of the Mobile Application Rating Scale*) was carried out on 52 users aged between 18 and 60. The first version of the application received an overall rating of 4/5 on *uMars*. One perspective of this work is to reinforce the personalization of the choice of levers to optimize the adherence and impact of these technologies. This will require conducting evaluations on a larger scale and over longer periods of time.