

**THESE
POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN PHARMACIE**

**Soutenue publiquement le 25 octobre 2021 à 18h15
Par M BUTAYE Guillaume**

Digitalisation du diabète et observance du patient

Membres du jury :

Président : Dr. KARROUT, Youness, Maître de Conférences, Docteur en Pharmacie, HDR – Pharmacotechnie industrielle, Lille

Directeur, conseiller de thèse : Dr. AYED, Eiya, Docteure en Pharmacie, Pharmacie du Chemin Rouge à Faches-Thumesnil

Assesseur(s) : Dr. BRIAND, Olivier, Maître de Conférences HDR – Biochimie, Lille



Faculté de Pharmacie de Lille

3, rue du Professeur Laguesse - B.P. 83 - 59006 LILLE CEDEX

☎ 03.20.96.40.40 - 📠 : 03.20.96.43.64

<http://pharmacie.univ-lille2.fr>



Université de Lille

Président :	Jean-Christophe CAMART
Premier Vice-président :	Nicolas POSTEL
Vice-présidente formation :	Lynne FRANJIE
Vice-président recherche :	Lionel MONTAGNE
Vice-président relations internationales :	François-Olivier SEYS
Vice-président stratégie et prospective	Régis BORDET
Vice-présidente ressources	Georgette DAL
Directeur Général des Services :	Pierre-Marie ROBERT
Directrice Générale des Services Adjointe :	Marie-Dominique SAVINA

Faculté de Pharmacie

Doyen :	Bertrand DÉCAUDIN
Vice-doyen et Assesseur à la recherche :	Patricia MELNYK
Assesseur aux relations internationales :	Philippe CHAVATTE
Assesseur aux relations avec le monde professionnel :	Thomas MORGENROTH
Assesseur à la vie de la Faculté :	Claire PINÇON
Assesseur à la pédagogie :	Benjamin BERTIN
Responsable des Services :	Cyrille PORTA
Représentant étudiant :	Victoire LONG

Liste des Professeurs des Universités - Praticiens Hospitaliers

Civ.	Nom	Prénom	Laboratoire
Mme	ALLORGE	Delphine	Toxicologie et Santé publique
M.	BROUSSEAU	Thierry	Biochimie
M.	DÉCAUDIN	Bertrand	Biopharmacie, Pharmacie Galénique et Hospitalière
M.	DEPREUX	Patrick	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert LESPAGNOL
M.	DINE	Thierry	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique
Mme	DUPONT-PRADO	Annabelle	Hématologie

Mme	GOFFARD	Anne	Bactériologie - Virologie
M.	GRESSIER	Bernard	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique
M.	ODOU	Pascal	Biopharmacie, Pharmacie Galénique et Hospitalière
Mme	POULAIN	Stéphanie	Hématologie
M.	SIMON	Nicolas	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique
M.	STAELS	Bart	Biologie cellulaire

Liste des Professeurs des Universités

Civ.	Nom	Prénom	Laboratoire
M.	ALIOUAT	El Moukhtar	Parasitologie - Biologie animale
Mme	AZAROUAL	Nathalie	Biophysique et Laboratoire d'application de RMN
M.	CAZIN	Jean-Louis	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique
M.	CHAVATTE	Philippe	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert LESPAGNOL
M.	COURTECUISSÉ	Régis	Sciences Végétales et Fongiques
M.	CUNY	Damien	Sciences Végétales et Fongiques
Mme	DELBAERE	Stéphanie	Biophysique et application de RMN
Mme	DEPREZ	Rebecca	Médicaments et molécules pour agir sur les systèmes vivants
M.	DEPREZ	Benoît	Médicaments et molécules pour agir sur les systèmes vivants
M.	DUPONT	Frédéric	Sciences Végétales et Fongiques
M.	DURIEZ	Patrick	Physiologie
M.	FOLIGNÉ	Benoît	Bactériologie - Virologie
M.	GARÇON	Guillaume	Toxicologie et Santé publique
Mme	GAYOT	Anne	Pharmacotechnie industrielle
M.	GOOSSENS	Jean-François	Chimie analytique
M.	HENNEBELLE	Thierry	Pharmacognosie
M.	LEBEGUE	Nicolas	Chimie thérapeutique
M.	LEMDANI	Mohamed	Biomathématiques

Mme	LESTAVEL	Sophie	Biologie cellulaire
Mme	LESTRELIN	Réjane	Biologie cellulaire
Mme	MELNYK	Patricia	Chimie thérapeutique
M.	MILLET	Régis	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert LESPAGNOL
Mme	MUHR-TAILLEUX	Anne	Biochimie
Mme	PERROY	Anne-Catherine	Législation et Déontologie pharmaceutique
Mme	ROMOND	Marie-Bénédicte	Bactériologie - Virologie
Mme	SAHPAZ	Sevser	Pharmacognosie
M.	SERGHERAERT	Éric	Législation et Déontologie pharmaceutique
M.	SIEPMANN	Juergen	Pharmacotechnie industrielle
Mme	SIEPMANN	Florence	Pharmacotechnie industrielle
M.	WILLAND	Nicolas	Médicaments et molécules pour agir sur les systèmes vivants

Liste des Maîtres de Conférences - Praticiens Hospitaliers

Civ.	Nom	Prénom	Laboratoire
Mme	BALDUYCK	Malika	Biochimie
Mme	GARAT	Anne	Toxicologie et Santé publique
Mme	GENAY	Stéphanie	Biopharmacie, Pharmacie Galénique et Hospitalière
M.	LANNOY	Damien	Biopharmacie, Pharmacie Galénique et Hospitalière
Mme	ODOU	Marie-Françoise	Bactériologie - Virologie

Liste des Maîtres de Conférences

Civ.	Nom	Prénom	Laboratoire
M.	AGOURIDAS	Laurence	Chimie thérapeutique
Mme	ALIOUAT	Cécile-Marie	Parasitologie - Biologie animale
M.	ANTHÉRIEU	Sébastien	Toxicologie et Santé publique
Mme	AUMERCIER	Pierrette	Biochimie

M.	BANTUBUNGI-BLUM	Kadiombo	Biologie cellulaire
Mme	BARTHELEMY	Christine	Biopharmacie, Pharmacie Galénique et Hospitalière
Mme	BEHRA	Josette	Bactériologie - Virologie
M.	BELARBI	Karim-Ali	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique
M.	BERTHET	Jérôme	Biophysique et Laboratoire d'application de RMN
M.	BERTIN	Benjamin	Immunologie
M.	BLANCHEMAIN	Nicolas	Pharmacotechnie industrielle
M.	BORDAGE	Simon	Pharmacognosie
M.	BOSC	Damien	Médicaments et molécules pour agir sur les systèmes vivants
M.	BRIAND	Olivier	Biochimie
M.	CARNOY	Christophe	Immunologie
Mme	CARON-HOUDE	Sandrine	Biologie cellulaire
Mme	CARRIÉ	Hélène	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique
Mme	CHABÉ	Magali	Parasitologie - Biologie animale
Mme	CHARTON	Julie	Médicaments et molécules pour agir sur les systèmes vivants
M.	CHEVALIER	Dany	Toxicologie et Santé publique
Mme	DANEL	Cécile	Chimie analytique
Mme	DEMANCHE	Christine	Parasitologie - Biologie animale
Mme	DEMARQUILLY	Catherine	Biomathématiques
M.	DHIFLI	Wajdi	Biomathématiques
Mme	DUMONT	Julie	Biologie cellulaire
M.	EL BAKALI	Jamal	Chimie thérapeutique
M.	FARCE	Amaury	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert LESPAGNOL
M.	FLIPO	Marion	Médicaments et molécules pour agir sur les systèmes vivants
Mme	FOULON	Catherine	Chimie analytique
M.	FURMAN	Christophe	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert LESPAGNOL

M.	GERVOIS	Philippe	Biochimie
Mme	GOOSSENS	Laurence	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert LESPAGNOL
Mme	GRAVE	Béatrice	Toxicologie et Santé publique
Mme	GROSS	Barbara	Biochimie
M.	HAMONIER	Julien	Biomathématiques
Mme	HAMOUDI-BEN YELLES	Chérifa-Mounira	Pharmacotechnie industrielle
Mme	HANNOTHIAUX	Marie-Hélène	Toxicologie et Santé publique
Mme	HELLEBOID	Audrey	Physiologie
M.	HERMANN	Emmanuel	Immunologie
M.	KAMBIA KPAKPAGA	Nicolas	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique
M.	KARROUT	Younes	Pharmacotechnie industrielle
Mme	LALLOYER	Fanny	Biochimie
Mme	LECOEUR	Marie	Chimie analytique
Mme	LEHMANN	Hélène	Législation et Déontologie pharmaceutique
Mme	LELEU	Natascha	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert LESPAGNOL
Mme	LIPKA	Emmanuelle	Chimie analytique
Mme	LOINGEVILLE	Florence	Biomathématiques
Mme	MARTIN	Françoise	Physiologie
M.	MOREAU	Pierre-Arthur	Sciences Végétales et Fongiques
M.	MORGENROTH	Thomas	Législation et Déontologie pharmaceutique
Mme	MUSCHERT	Susanne	Pharmacotechnie industrielle
Mme	NIKASINOVIC	Lydia	Toxicologie et Santé publique
Mme	PINÇON	Claire	Biomathématiques
M.	PIVA	Frank	Biochimie
Mme	PLATEL	Anne	Toxicologie et Santé publique
M.	POURCET	Benoît	Biochimie

M.	RAVAUX	Pierre	Biomathématiques / service innovation pédagogique
Mme	RAVEZ	Séverine	Chimie thérapeutique
Mme	RIVIÈRE	Céline	Pharmacognosie
M.	ROUMY	Vincent	Pharmacognosie
Mme	SEBTI	Yasmine	Biochimie
Mme	SINGER	Elisabeth	Bactériologie - Virologie
Mme	STANDAERT	Annie	Parasitologie - Biologie animale
M.	TAGZIRT	Madjid	Hématologie
M.	VILLEMAGNE	Baptiste	Médicaments et molécules pour agir sur les systèmes vivants
M.	WELTI	Stéphane	Sciences Végétales et Fongiques
M.	YOUS	Saïd	Chimie thérapeutique
M.	ZITOUNI	Djamel	Biomathématiques

Professeurs Certifiés

Civ.	Nom	Prénom	Laboratoire
Mme	FAUQUANT	Soline	Anglais
M.	HUGES	Dominique	Anglais
M.	OSTYN	Gaël	Anglais

Professeur Associé - mi-temps

Civ.	Nom	Prénom	Laboratoire
M.	DAO PHAN	Haï Pascal	Médicaments et molécules pour agir sur les systèmes vivants
M.	DHANANI	Alban	Législation et Déontologie pharmaceutique

Maîtres de Conférences ASSOCIES - mi-temps

Civ.	Nom	Prénom	Laboratoire
Mme	CUCCHI	Malgorzata	Biomathématiques
M.	DUFOSSEZ	François	Biomathématiques
M.	FRIMAT	Bruno	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique
M.	GILLOT	François	Législation et Déontologie pharmaceutique
M.	MASCAUT	Daniel	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique
M.	ZANETTI	Sébastien	Biomathématiques

AHU

Civ.	Nom	Prénom	Laboratoire
Mme	CUVELIER	Élodie	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique
Mme	DEMARET	Julie	Immunologie
M.	GRZYCH	Guillaume	Biochimie
Mme	HENRY	Héloïse	Biopharmacie, Pharmacie Galénique et Hospitalière
Mme	MASSE	Morgane	Biopharmacie, Pharmacie Galénique et Hospitalière

ATER

Civ.	Nom	Prénom	Laboratoire
M.	GHARBI	Zied	Biomathématiques
Mme	FLÉAU	Charlotte	Médicaments et molécules pour agir sur les systèmes vivants
Mme	N'GUESSAN	Cécilia	Parasitologie - Biologie animale
M.	RUEZ	Richard	Hématologie
M.	SAIED	Tarak	Biophysique et Laboratoire d'application de RMN
Mme	VAN MAELE	Laurie	Immunologie

Enseignant contractuel

Civ.	Nom	Prénom	Laboratoire
M.	MARTIN MENA	Anthony	Biopharmacie, Pharmacie Galénique et Hospitalière

Faculté de Pharmacie de Lille

3, rue du Professeur Laguesse - B.P. 83 - 59006 LILLE CEDEX
Tel. : 03.20.96.40.40 - Télécopie : 03.20.96.43.64
<http://pharmacie.univ-lille2.fr>

L'Université n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses ; celles-ci sont propres à leurs auteurs.

REMERCIEMENTS

Cette thèse n'aurait pu voir le jour sans le soutien précieux de nombreuses personnes que je souhaite ici remercier.

Merci à M. Karrouit et à M. Briand de m'avoir fait l'honneur d'accepter de siéger au sein de mon jury de thèse et de m'avoir ainsi accordé de leur temps précieux.

Merci à Eiya, ma directrice de thèse, qui a été d'une grande disponibilité tout au long de sa rédaction et a su être de bon conseil pour me guider dans mes recherches.

Merci également à mes proches qui m'ont soutenu jusqu'à la fin de mes études :

À mes parents, pour qui cette thèse est dédiée. Ils ont été le moteur principal derrière chaque heure passée dessus. Puisse ce document les rendre fiers.

À mes grands-mères qui ont toujours été présentes et n'ont jamais cessé de croire en moi ainsi qu'à mon parrain et ma marraine pour leur soutien indéfectible.

À mes amis qui ont suivi toutes mes mésaventures depuis le lycée jusqu'à aujourd'hui et parfois même bien avant !

À Alix, qui doit toujours résoudre le mystère de qui veut la mort de Rabbi Jacob,

À Louise, qui lira sans doute ce message avec 3 semaines de retard

À Chloé, qui a déjà 5 tours d'avance minimum au jeu Destins sur moi

À Héloïse, qui m'a vu affronter bien pire comme tempête

À Hugo, toujours de bon conseil en matière d'opportunités

À Clara, ce roc solide sur lequel je peux toujours m'appuyer

La Faculté de Pharmacie m'a permis de rencontrer des personnes avec lesquelles je suis plus qu'heureux d'avoir parcouru ce bout de chemin. Des repas en Galien

aux TP en passant par nos Père Noël surprise, beaucoup de bons moments essentiels ont eu lieu avec vous :

À Léane, partenaire incontournable des TP et digne héritière de Mjolnir

À Clémentine, qui cache derrière son sourire une impitoyable adversaire au Fantasy

À Julie, la force tranquille et discrète du groupe

À Priscila, réservée qui cache en elle une pharmacienne, cosplayeuse et littéraire

À la Team Dimension Parcs, Romain, Vincent et Lisa, qui m'ont permis de me lancer dans une aventure annexe et de souffler entre 2 ordonnances.

À mes amis parisiens, Tristan, Audrey, Alexis, Florian, Sakim, Jeremy, Wanda, Narindra, Stéphane, Audrey, Lauren qui ont ensoleillé mes week-ends le temps de nos meetings.

À mes amis du Ch'nord, Vincent, Fanny et Joris, votre chaleur réchauffe les cœurs !

À toute la team MBA DMB, trop nombreux pour tous les citer mais qui ont suivi les péripéties de cette thèse durant de longs mois. Une année mémorable à vos côtés qui m'a permis d'ouvrir le champ des possibles.

Enfin, je voudrais remercier tous mes collègues et managers qui m'ont fait confiance au cours de mes différentes expériences professionnelles.

Un immense merci à l'équipe de la Pharmacie Notre-Dame qui m'a accueilli dès ma 2^{ème} année et m'a permis de continuer à grandir et monter en compétences au-delà.

À l'équipe Pierre Fabre qui m'a offert cette fantastique opportunité de rejoindre leur siège et de pouvoir contribuer à des événements de grande ampleur.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	13
SOMMAIRE	15
LISTE DES FIGURES	16
LISTE DES TABLEAUX	17
LISTE DES ABBREVIATIONS	18
INTRODUCTION	19
1. Généralités	21
1.1. Généralités sur le digital	21
1.2. Généralités sur le diabète	24
1.3. Généralités sur l'observance	34
2. Les solutions digitales appliquées au diabète	41
2.1. Les applications digitales	41
2.2. Les dispositifs connectés	45
2.3. L'intelligence artificielle au service du patient diabétique	52
2.4. Les databases au service de la recherche	54
2.5. Réseaux sociaux et communautés en ligne	55
3. Enjeux et Challenges de ces nouveaux outils digitaux	57
3.1. Les atouts de la e-santé	57
3.2. Les inconvénients de la e-santé	59
3.3. Assurer un développement encadré	62
3.4. Permettre au patient de s'y retrouver	69
DISCUSSION	75
CONCLUSION	79
ANNEXES	80
1. Questionnaire de Girerd	92
2. Liste alphabétique des applications de m-santé relatives au diabète avec leurs principales caractéristiques	93
BIBLIOGRAPHIE	81

LISTE DES FIGURES

Figure 1. La e-santé et ses dérivés (12)	22
Figure 2. Graphique illustrant le marché potentiel en m-health selon la pathologie chronique (23)	24
Figure 3. Répartition géographique des personnes vivant avec le diabète en 2019, 2030 et 2045 (20-79 ans) (24)	24
Figure 4. Prévalence du diabète chez les adultes de 20 à 79 ans en 2019, 2030 et 2045 dans le monde (24).....	26
Figure 5. Relations anatomiques du pancréas avec les organes et structures environnants (30).....	27
Figure 6. Schéma récapitulatif de la régulation de la glycémie (31)	28
Figure 7. Les 5 dimensions de l'adhésion selon l'OMS (35)	35
Figure 8. Comparatif de l'utilisation de la technologie par les patients entre 2016 et 2018 (46)	42
Figure 9. Diagramme des fonctionnalités des applications de gestion du diabète mises en correspondance avec les facteurs d'une bonne pratique de gestion des médicaments (50).....	45
Figure 10. capteur et lecteur du FreeStyle Libre®, dispositif de Flash Glucose Monitoring commercialisé par Abbott® (52)	49
Figure 11. Exemple d'un rapport Ambulatory Glucose Profile (53).....	49
Figure 12. Schéma du dispositif DBLG1 de Diabeloop (56)	51
Figure 13. Approches de télémédecine pour le dépistage ou le diagnostic de la rétinopathie diabétique. (75)	59
Figure 14. Pourcentage de participants volontaires pour s'auto-contrôler en fonction du score de contrôlabilité de la pathologie (85)	65
Figure 15. Technology of Acceptance Model (87)	66
Figure 16. Schéma du Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (88) .	68
Figure 17. La terminologie de l'acceptation d'une technologie au cours du temps (89)	68
Figure 18. Profil d'applications évaluées en dix langues par rapport à une liste de points clés issus des guidelines cliniques de l'American Diabetes Association (96)	71
Figure 19. Facteurs déterminant la recommandation ou non d'une application à destination du patient diabétique (97).....	72
Figure 20. Schéma conceptuel du digitosome chez le patient diabétique (101)	80

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Estimation et projections mondiales du diabète (24)	25
Tableau 2. Comparatif du nombre d'applications par pathologie trouvées dans la littérature et les boutiques en ligne en 2013 (45).....	41
Tableau 3. Indicateurs clés pour la collecte de données à des fins de surveillance de la qualité de la prise en charge du diabète (24).....	55
Tableau 4. Les facteurs barrières à l'usage d'applications pour gérer son diabète (78)	62

LISTE DES ABBREVIATIONS

AGP : Ambulatory Glucose Profile ou Profil ou Profil Glycémique Ambulatoire

ANSM : Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé

ATP : Adénosine-Triphosphate

CEED : Centre Européen d'Etude du Diabète

CGM : Continuous Glucose Monitoring ou Mesure du Glucose en Continu

DM : Dispositif Médical

DM DIV : Dispositifs Médicaux de Diagnostic In Vitro

DT1 : Diabète de type 1

DT2 : Diabète de type 2

DIY : Do-It Yourself qui correspond au terme fait-maison, fait par soi-même

ECG : électrocardiogramme

FGM : Flash Glucose Monitoring ou Mesure du Glucose Flash

HAS : Haute Autorité de Santé

IA : Intelligence Artificielle

IBM : International Business Machine corporation

IOT : Internet of Things ou l'Internet des Objets

MAT : Modèle d'Acceptation de la Technologie

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

RGPD : Règlement Général sur la Protection des Données

TAL : Technology Acceptance Lifecycle qui désigne le cycle de vie de l'adoption de la technologie

TUAUT : Théorie Unifiée de l'Acceptation et de l'Usage de la Technologie

INTRODUCTION

« Le diabète est une épidémie silencieuse »

Une épidémie silencieuse auquel plusieurs de mes proches se retrouvent confrontés. J'ai pu au fil de ces dernières années constater l'impact important de cette maladie chronique sur le quotidien que cela soit au travers de simples retrouvailles ou étant derrière le comptoir, au contact de ces patients. Si le diabète se déclare lorsqu'il y a une sécrétion insuffisante d'insuline ou une insulino-résistance, ce n'est que la partie visible de l'iceberg. Au-delà de ces conséquences physiques s'ajoute la charge mentale (1) trop souvent oubliée qu'implique la gestion de la pathologie. Près d'un demi-milliard de personnes sont concernées au niveau mondial (2). Autant d'individus qui ont vu leurs modes de vie chamboulés et ont dû s'adapter à de nouvelles règles hygiéno-diététiques. Pour certains, ces changements se font naturellement tandis que pour d'autres, les efforts à fournir sont plus conséquents et les objectifs difficiles à atteindre.

Depuis la fin du XX^{ème} siècle, l'avènement des nouvelles technologies et du digital ont ouvert le champ des possibles dans de nombreux domaines et notamment celui de la santé (3). M'étant orienté en 6^{ème} année vers un Master dédié à la transformation digitale, j'ai pu en appréhender toutes les composantes : les innovations, l'émergence de nouvelles activités et les enjeux et challenges qui en découlent. Cette thèse me permet ainsi de faire le lien entre les disciplines scientifiques et les bases du numérique qui m'ont été enseignées. Le digital est désormais omniprésent dans la prise en charge et le suivi des patients diabétiques à différents niveaux : Applications de e-santé, lecteurs de glycémie connectés, nouveaux dispositifs intelligents, collecte de données... Ces outils tendent à diriger cette médecine vers une approche de plus en plus personnalisée grâce à la collecte rapide de données individuelles et une meilleure compréhension en temps réel de l'évolution de la pathologie. Ces avancées sont aujourd'hui essentielles puisqu'une hausse régulière du nombre des cas de diabète et de la prévalence de la maladie a été enregistrée ces dernières décennies (4).

Cette thèse a pour objectif de mettre en lumière ces avancées et les nouveaux outils qui ont permis d'améliorer la prise en charge des patients diabétiques grâce au digital. Dans le cadre du sujet, nous nous limiterons au diabète de type 1 et 2. Les cas de diabète infantile et de diabète gestationnel ne seront pas évoqués.

1. Généralités

1.1. Généralités sur le digital

1.1.1. Historique du digital

Alan Mathison Turing est connu pour avoir ouvert la voie au digital avec le premier calculateur programmable développé en 1936 pour déchiffrer les clés allemandes (5). Presper Eckert et John Williams Mauchly inventent en 1946 l'ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer), le premier ordinateur entièrement électronique (6).

Les années 1950 sont marquées par le développement de l'informatique par IBM qui ne tarde pas à entraîner une révolution numérique avec notamment l'apparition du PC dans les années 70 grâce à l'arrivée des microprocesseurs (7).

1995 marque l'arrivée de l'internet grand public transformant avec elle les usages des consommateurs et patients qui sont alors de plus en plus connectés. On estime ainsi à 4,15 milliards de personnes qui peuvent désormais s'échanger de l'information instantanément à l'heure actuelle (8). La popularisation du smartphone et la diminution du coût des technologies a facilité son accès au plus grand nombre.

Le développement de la connexion web et la miniaturisation des processeurs a également permis la naissance de l'IOT ou « Internet of Things » qui désigne les objets pouvant automatiquement communiquer avec des réseaux/ordinateurs/mobiles ou entre eux afin d'enrichir leur usage naturel (9).

1.1.2. Définition du digital

Le digital a donc en quelques décennies envahi notre quotidien à tel point qu'il est parfois difficile de statuer sur sa définition exacte. Le terme « digital » est issu d'un anglicisme qui se rapporte au numérique signifiant nombre. Il s'agit d'un terme apparu dans les années 70 qui s'est ensuite démocratisé et qui est lié au fait que lorsque l'information est stockée, transmise ou acheminée sous forme numérique, elle est convertie en nombres - au niveau le plus élémentaire de la machine, en "zéros et uns". Le digital se rapporte in fine aux technologies de l'information et de la communication (10).

On parle ainsi de digitalisation pour parler de l'intégration des différents outils, termes et méthodes du digital dans une stratégie globale, dans une activité quotidienne d'une entreprise ou tout simplement dans un processus ou parcours. Et parmi eux se trouvent notamment le parcours de soin. C'est ce qui a donné naissance à la e-santé.

1.1.3. La E-santé

Le terme e-santé recouvre un vaste domaine d'applications des technologies de l'information et de la télécommunication au service de la santé (11). On désigne par e-santé l'usage combiné de l'internet et des technologies de l'information à des fins cliniques, éducationnelles et administratives, à la fois localement et à distance (12). Issu de l'anglais e-Health, le terme a été prononcé pour la première fois en 1999 lors du 7^{ème} congrès international de télémedecine (13).

L'application de cette e-santé est devenue tellement riche qu'elle a fait naître un lexique associé. Comme illustré sur la Figure 1, la e-santé englobe :

- La télémedecine qui définit l'utilisation de la transmission par télécommunication d'informations médicales en vue d'obtenir à distance un diagnostic, un avis spécialisé, une surveillance continue ou une décision thérapeutique (14).
- La m-santé ou santé mobile regroupe l'ensemble des pratiques médicales et de santé publique reposant sur des dispositifs mobiles tels que des téléphones portables, les systèmes de surveillance des patients, assistants et autres appareils sans fils (15).

C'est sur ce volet de la m-santé que nous nous concentrerons dans les parties suivantes.

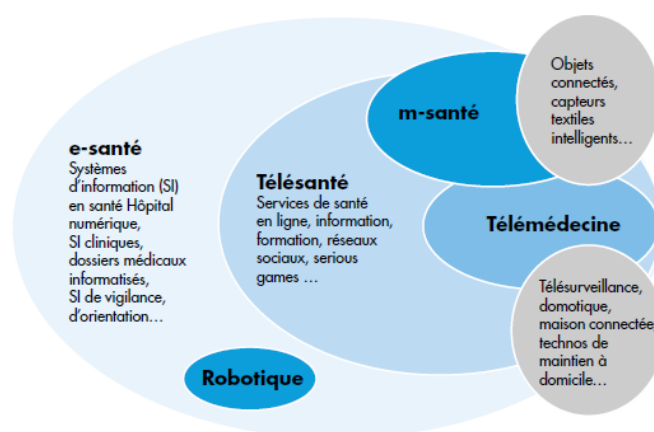


Figure 1. La e-santé et ses dérivés (12)

1.1.4. Vers un nouveau modèle de prise en charge

Les acteurs de l'industrie pharmaceutique ont pris conscience que la transformation digitale les menait vers un modèle davantage orienté vers le patient que vers le marché et ses produits. Comme l'explique Thierry Picard, Chief Digital Officer chez Pierre Fabre Médicament Santé : « Le digital donne au patient le pouvoir de devenir un « consom'acteur » et la différence est révolutionnaire » (8). Tout comme les médecins qui face à l'engouement se sont adaptés pour répondre à la demande.

Ce modèle résulte ainsi d'une évolution sociologique, technologique mais aussi politico-économique avec la recherche de solutions pour améliorer l'efficacité des systèmes de santé (12).

La e-santé a ainsi permis au patient de réintégrer le parcours de soin de manière forte et ce à plusieurs niveaux :

- Le patient a désormais accès à une source de savoir infinie sur Internet, un savoir qui était jusqu'alors réservé aux professionnels de santé. Il est donc beaucoup plus susceptible d'aller chercher l'information par lui-même (16).
- Cette quête d'information peut pousser le patient à s'auto-médiquer, une pratique qui a ses limites si elle n'est pas encadrée (17).
- Le patient peut s'auto-diagnostiquer grâce à l'usage d'applications et de tests digitaux (18).
- Le patient peut prendre en charge sa pathologie grâce à des mesures hygiéno-diététiques qui peuvent être mieux suivies grâce à la technologie (19).

1.1.5. Le marché de la e-santé

Cette évolution a donné naissance à un nouveau marché qui, en 2019, a pesé en 101,4 milliards de dollars (20) contre 85,4 milliards de dollars en 2014 (21). Cette croissance s'est même accentuée avec la crise de la COVID-19. L'augmentation de l'utilisation des tablettes et des smartphones, la forte demande de services de suivi des patients à distance qui plus est durant les confinements, l'émergence d'applications de santé mobile innovantes participent à la stimulation de cet écosystème. En effet, selon le Parlement Européen, 626 start-ups investissant dans la santé numérique sont aujourd'hui actives en Europe, 63 % ayant été créées au cours des cinq dernières années (22).

Le diabète reste le principal domaine thérapeutique pour les solutions de santé mobile et offre le meilleur potentiel de marché selon 68 % des éditeurs d'applications de santé mobile, suivi par l'obésité avec 35 % d'attrait pour le marché et les dépressions avec 28 % comme représenté sur la Figure 2 (23).

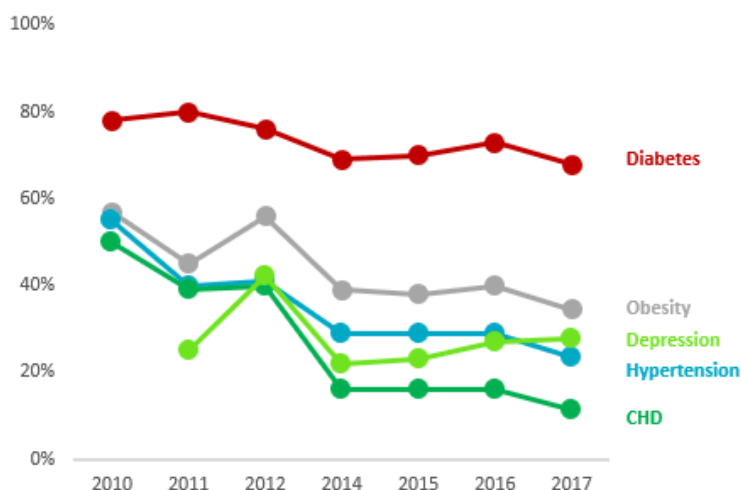


Figure 2. Graphique illustrant le marché potentiel en m-health selon la pathologie chronique (23)

1.2. Généralités sur le diabète

1.2.1. Epidémiologie

À l'échelle mondiale, la Fédération Internationale du Diabète estime à 463 millions de personnes âgées de 20 à 79 ans atteintes du diabète en 2019 avec un nombre de décès s'élevant à 4,2 millions. 79% des cas vivent dans des pays à faible revenu ou revenu intermédiaire comme le démontre la répartition illustrée sur la Figure 3 (24).

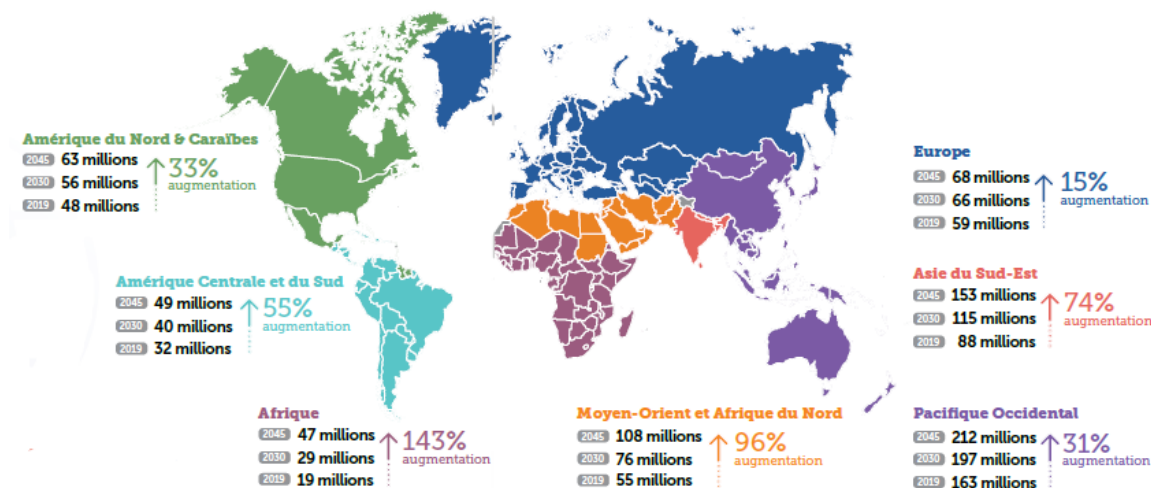


Figure 3. Répartition géographique des personnes vivant avec le diabète en 2019, 2030 et 2045 (20-79 ans) (24)

Les pays dans lesquels on trouve le plus de patients diabétiques adultes en 2019 sont la Chine, l'Inde et les États-Unis, et il est estimé qu'il en sera de même en 2030. Dans le futur, il est prédit que la Région Afrique connaîtra la plus forte augmentation du nombre de personnes vivant avec le diabète par rapport à d'autres régions du monde (24).

Si on compare avec les données de 1980, 108 millions de cas étaient recensés. La prévalence mondiale a ainsi doublé passant de 4,5% à 9,3% chez la population adulte (25). Une augmentation qui n'est pas près de s'arrêter puisque les projections pour 2045 prévoient 700,2 millions de diabétiques sur le globe (24) (voir tableau 1).

	2019	2030	2045
Population mondiale totale	7,7 milliards	8,6 milliards	9,5 milliards
Population mondiale âgés de 20 à 79 ans	5,0 milliards	5,7 milliards	6,4 milliards
Prévalence du diabète	9,3%	10,2%	10,9%
Nombre de personnes vivant avec le diabète	463 millions	578,4 millions	700,2 millions

Tableau 1. Estimation et projections mondiales du diabète (24)

Concernant la France, les derniers chiffres clés publiés par Santé Publique France font état de 3,3 millions de personnes diabétiques traitées pharmacologiquement soit 5% de la population en 2016. Un chiffre auquel il faut ajouter les personnes qui s'ignorent vivre avec la maladie. On observe sur le territoire français une disparité avec des taux de prévalence les plus hauts dans les territoires d'outre-mer (26).

Au sujet de la répartition mondiale selon l'âge, les chiffres 2019, représentés sur la Figure 4, démontrent une hausse de la prévalence avec l'âge passant de 1,4% pour les 20-24 ans à 19,9% chez les 75–79 ans.

Le sexe aussi intervient avec une prévalence plus forte chez les hommes que chez les femmes (9,6% contre 9,0% en 2019).

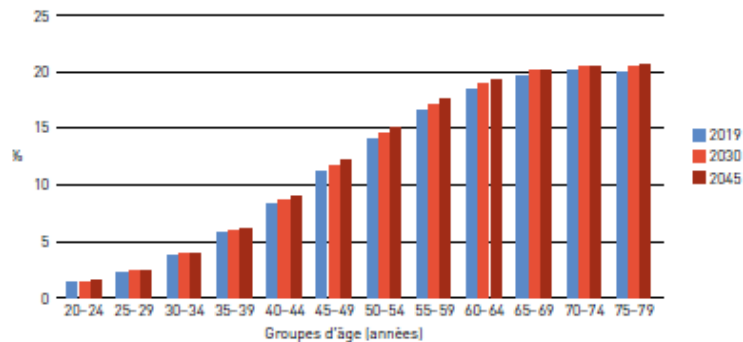


Figure 4. Prévalence du diabète chez les adultes de 20 à 79 ans en 2019, 2030 et 2045 dans le monde (24)

Afin de comprendre davantage les causes de cette épidémie mondiale, plusieurs facteurs de risque ont été mis en évidence par la communauté scientifique.

1.2.2. Facteurs de risque de survenue du diabète

Dans le cas du diabète de type 1 qui représenterait entre 5 et 10% des diabétiques (27), les facteurs de risque de son apparition sont encore mal identifiés. Le début de la réaction auto-immune dépendrait principalement de prédispositions génétiques ainsi que de facteurs environnementaux. La plus fréquente des variations génétiques identifiée à ce jour se trouve dans les gènes du système HLA (28).

Concernant le diabète de type 2, les facteurs de risque sont bien connus et multiples à savoir :

- Les antécédents familiaux
 - Un antécédent de diabète gestationnel
 - Si l'individu est âgé de plus de 45 ans
 - Si l'individu est obèse ou en surpoids
 - Si l'individu n'effectue pas d'activité physique
 - La présence d'une hypertension artérielle
 - Un taux de graisses anormal (taux d'HDL bas ou taux de triglycérides élevé)
- (29)

L'interaction entre plusieurs de ces facteurs seraient alors à l'origine de l'apparition du diabète.

1.2.3. Etiologie du diabète

Le pancréas joue un rôle fondamental dans la régulation du glucose (30). Ce dernier est le principal substrat énergétique de la cellule et est amené via l'alimentation. Il est notamment essentiel au cerveau. Afin de garantir un apport constant à l'organisme, il est essentiel de le réguler et ainsi garantir une certaine homéostasie. Deux hormones sécrétées par le pancréas endocrine entrent en jeu dans ce système de régulation : l'insuline et le glucagon. Ces hormones ne sont pas sécrétées en permanence.

Le pancréas est un organe glandulaire situé anatomiquement parlant à l'arrière de l'estomac et qui interagit avec de nombreuses structures anatomiques environnantes. Il est ainsi en contact étroit avec le duodénum, la veine cave inférieure, l'aorte abdominale et la rate comme illustré sur la Figure 5 (31).

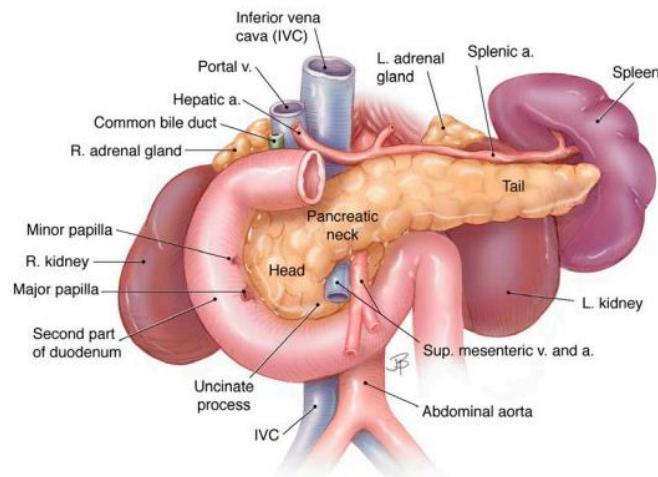


Figure 5. Relations anatomiques du pancréas avec les organes et structures environnantes (31)

Le pancréas se compose de 2 parties distinctes : une section endocrine et une section exocrine. Ce sont les îlots de Langerhans qui composent le pancréas endocrine et qui sont à l'origine de la sécrétion d'hormones. Chaque type cellulaire produit une hormone spécifique :

- Cellules α : Glucagon
- Cellules β : Insuline
- Cellules δ : Somatostatine
- Cellules F : Polypeptide pancréatique

La glycémie ou taux de glucose dans le sang a pour normes 0,70 – 0,90 g/L. Si les valeurs se situent en dessous, c'est l'hypoglycémie qui peut mener au coma et avoir des conséquences mortelles. Le cas contraire, l'hyperglycémie, correspond au diabète

dont nous parlerons de la physiopathologie en partie 1.2.4. Lorsqu'on est à jeun, la glycémie se situe entre 0,5 g/L et 1,0 g/L (32).

L'insuline est une hormone hypoglycémiante. Elle a une demi-vie très courte qui est de 6 minutes. Elle va agir sur les cellules en se fixant sur son récepteur facilitant ainsi l'entrée de glucose dans ces dernières. Elle est régulée principalement par le glucose donc et sa sécrétion augmente de facto uniquement après les repas (33).

- Au niveau du foie, son action entraîne le mécanisme de glycogénogénèse soit la mise en réserve du glucose sous forme de glycogène
- Au niveau des muscles, la sensibilité du transporteur GLUT4 est augmentée par l'insuline qui va ainsi permettre la pénétration du glucose.

Le glucagon est ainsi l'opposé puisque hyperglycémiant. Sa sécrétion est inhibée par le glucose. Une glycémie faible va stimuler la sécrétion de glucagon. Sa seule cible est le foie et donc les hépatocytes. En se fixant sur son récepteur, il entraîne les mécanismes de glycolyse et de glycogénolyse. Cela permet ainsi le maintien de la glycémie en dehors des repas notamment la nuit.

La Figure 6 ci-dessous résume le cycle de régulation de la glycémie.

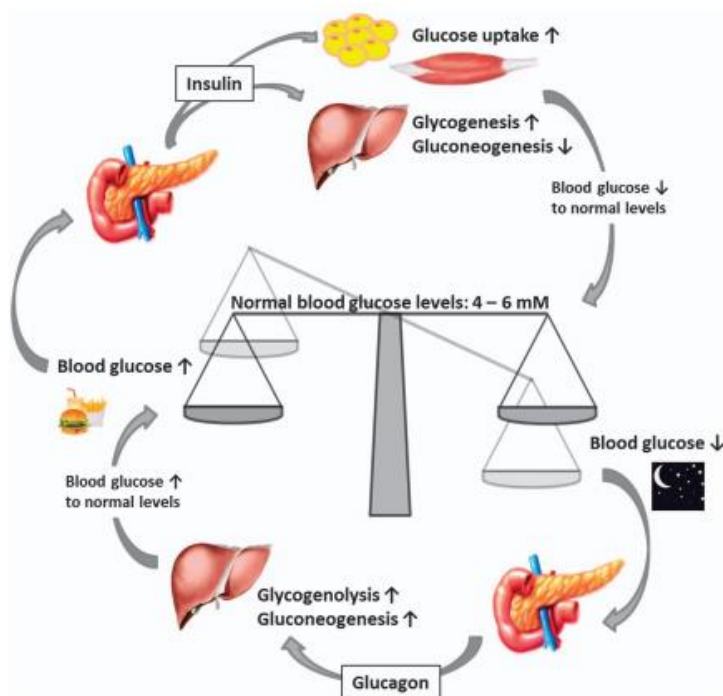


Figure 6. Schéma récapitulatif de la régulation de la glycémie (30)

1.2.4. Physiopathologie

Le diabète est un état d'hyperglycémie chronique. C'est une maladie qui s'inscrit donc sur le long terme et qui survient lorsque la glycémie d'une personne est élevée. La cause peut être due à 2 types d'évènements et c'est pourquoi il existe 2 grands types de diabètes :

- Le diabète de type 1
- Le diabète de type 2

Il existe cependant des formes plus rares comme le diabète monogénique ou la maladie du pancréas exocrine.

Le diabète est diagnostiqué lorsque la glycémie à jeun est supérieure ou égale à 1.26 g/L ou lorsqu'après une hyperglycémie orale provoquée, la glycémie s'élève à 2g/L au bout de 2h (34).

L'hémoglobine glyquée ou (HbA1c) permet d'étudier via dosage sanguin l'état glycémique d'un individu. En effet, plus la glycémie est élevée, plus le glucose se retrouve fixée sur l'hémoglobine. Cette hémoglobine ayant une durée de vie de 120 jours, il est possible au travers de cet examen d'évaluer l'équilibre glycémique sur les 3 derniers mois. Ce résultat exprimé en pourcentage est une donnée clé dans le suivi des patients (35).

1.2.4.1. Le diabète de type 1

Le diabète de type 1 est une maladie auto-immune qui débute généralement à un âge jeune (enfance, adolescence). Aussi appelé diabète insulino-dépendant, il entraîne une destruction irréversible des cellules bêta de Langerhans du pancréas ce qui a pour effet pour l'organisme de produire peu ou pas d'insuline (36). La susceptibilité génétique et les facteurs environnementaux seraient à l'origine de cette destruction et le mode de vie ne joue donc pas de rôle de causalité contrairement au diabète de type 2.

Il y a d'abord une phase de pré-diabète asymptomatique avec une glycémie normale. Puis vient une phase symptomatique qui comprend :

- Polydipsie
- Perte de poids
- Polyurie
- Polyphagie
- Asthénie

1.2.4.2. Le diabète de type 2

Dans le cas du diabète de type 2, l'organisme développe une insulino-résistance. Les cellules sont moins sensibles à l'action de l'hormone entraînant de facto une hyperglycémie. Devenue inefficace, l'insuline est sécrétée de façon anormale par les îlots de Langerhans qui ne savent plus faire face (36). Il survient généralement dans un contexte de sédentarité et d'obésité. Il est dans la majeure partie des cas asymptomatique entraînant un diagnostic bien souvent tardif. C'est pourquoi le nombre de personnes qui s'ignorent vivre avec la pathologie est aussi élevé.

1.2.5. Traitements

1.2.5.1. Insulinothérapie

Les personnes vivant avec le diabète de type 1 sont dites insulino-dépendantes et c'est pourquoi on parle d'insulinothérapie. Pour compenser ce défaut de production, le patient doit s'injecter en sous cutané des analogues d'insuline humaine. Les injections sont adaptées selon le profil insulinaire. Il en existe de 2 types : les analogues rapides et les analogues lents (37).

Les analogues rapides permettent d'accélérer la mise à disposition avec une action quasi-immédiate et sont de ce fait injectées avant un repas. On a ainsi un meilleur contrôle de l'hyperglycémie postprandiale.

Les analogues lents (aussi appelées insulines basales) permettent d'éviter un effet pic et offrent une plus longue durée d'action sur 24h. Elles permettent ainsi une diminution de la fréquence des hypoglycémies.

Le schéma de prise est défini par le médecin selon le diabète du patient, son âge et son mode de vie. C'est donc un traitement lourd qui se prend à vie et qui implique une participation active du patient.

1.2.5.2. Antidiabétiques oraux

La prise en charge du diabète de type 2 doit être précoce pour normaliser la glycémie, atteindre les objectifs fixés d'HbA1c et éviter ou retarder les complications. Le traitement comprend des règles hygiéno-diététiques qui impliquent une participation active du patient et une prise en charge médicamenteuse.

La metformine est un anti hyperglycémiant qui agit en potentialisant l'action de l'insuline (38). Elle ralentit l'absorption du glucose au niveau du tube digestif, ce qui réduit l'hyperglycémie post-prandial tandis qu'au niveau hépatique, c'est la production de glucose qui est diminuée avec une inhibition de la néoglucogénèse et de la glycogénolyse.

C'est un traitement de première intention qui peut se prendre en monothérapie, bithérapie ou trithérapie et qui doit être pris durant les repas.

Prescrits en seconde intention se trouvent les sulfamides hypoglycémiants et utilisables en bithérapie avec la metformine (39). Ils ont une action pancréatique en augmentant la sécrétion d'insuline via le canal potassique ATP dépendant. C'est donc une molécule efficace seulement chez les patients qui en synthétisent encore.

Autre classe pharmacologique, les glinides sont également donnés en seconde intention seuls ou en association avec la metformine. Citons également Les inhibiteurs des alpha-glucosidases et les incrétines.

Enfin, les gliflozines sont des inhibiteurs du SGLT2 empêchant de ce fait la réabsorption de glucose dans les urines et favorisant ainsi son élimination (40).

1.2.6. Complications

Si le diabète n'est pas pris en charge, il peut y avoir des complications sur le long terme. En effet, le déficit en insuline peut provoquer des dommages graves sur certains organes

Pour constater une augmentation de l'espérance de vie des diabétiques, il faut éviter les complications dégénératives dues au diabète de type 2 que sont les micro et macro angiopathies (41).

- **Micro-angiopathie** : lésion des petits vaisseaux que l'on retrouve dans la rétinopathie diabétique, la néphropathie diabétique ou encore la neuropathie diabétique
- **Macro-angiopathie** : lésion des gros vaisseaux qui correspond soit à une atteinte coronaire (Infarctus du myocarde), soit une atteinte des artères cérébrales (AVC), soit artériopathie
- **Atteinte des pieds** avec le pied diabétique qui est une conséquence des neuropathies et artériopathie qui va favoriser des infections.
- **Hygiène dentaire** : carie et inflammation des gencives.

Puisque les complications sont fréquentes et peuvent être grave, le diabète est une pathologie qui demande un suivi très régulier.

1.2.7. Suivi de la pathologie et objectifs à atteindre

Tous les ans, le patient doit bénéficier d'un certain nombre de contrôles biologiques effectué dans un Laboratoire d'Analyse Médicale :

- Surveillance de la maladie diabétique et l'évaluation de l'efficacité du traitement : 4 dosages d'HbA1c par an
- Surveillance de la fonction rénale : créatinine sanguine avec DFG, micro-albuminurie
- Surveillance des facteurs à risques cardiovasculaires : dosage des lipides.

- Auto-surveillance glycémique par le patient lui-même.

L'Hb1Ac correspond à l'hémoglobine glyquée qui est le reflet de la glycémie. Sa valeur biologique permet via un dosage sanguin d'évaluer l'équilibre glycémique sur les deux à trois derniers mois.

L'objectif du traitement d'un patient diabétique de type 1 est d'obtenir un taux de HbA1c inférieur à 7,5 %. Pour la plupart des patients diabétiques de type 2, une cible d'HbA1c inférieure ou égale à 7 % est recommandée. Le traitement médicamenteux doit être instauré ou réévalué si l'HbA1c est supérieure à 7 % (42).

L'HbA1c est ainsi un marqueur du risque de complications du diabète sur le long terme.

1.2.8. Coût sur les systèmes de santé des complications diabétiques

Le diabète fait peser une lourde charge économique à la fois sur le système mondial de soins de santé et sur l'économie mondiale au sens large.

Le coût mondial est estimé à 825 milliards de dollars US par an et est principalement dû aux coûts des complications du diabète (25).

Les personnes atteintes de diabète diagnostiqué ont, en moyenne, des dépenses médicales environ 2,3 fois supérieures à ce que seraient les dépenses en l'absence de diabète (43).

Pour éviter ces complications, il est primordial pour le patient de suivre son traitement et les recommandations des professionnels de santé avec assiduité. Cela implique donc le concept de l'observance.

1.3. Généralités sur l'observance

1.3.1. Définition de l'observance

L'observance thérapeutique désigne l'adéquation entre le comportement du patient et les recommandations du professionnel de santé qui l'accompagne.

Un certain nombre d'évaluations rigoureuses, analysées dans une étude de l'OMS publié en 2003, ont établi que, dans les pays développés, la proportion de malades chroniques respectant leur traitement n'était que de 50 % et tout porte à croire qu'elle est bien plus faible dans les pays en développement (44).

L'observance peut également être désignée via le terme adhésion et qui fait intervenir deux dimensions :

- La persistance qui définit la durée pendant laquelle le patient continue à prendre son traitement.
- L'implémentation qui décrit la façon dont le patient persistant gère et s'administre son traitement jour après jour (45).

Il y a dans l'adhésion davantage une notion de volonté et d'approbation intrinsèque à l'individu de suivre son traitement là où l'observance renvoie simplement à la conformité thérapeutique (46).

De manière générale, l'observance se manifeste par un ensemble de comportements allant de la simple prise d'un traitement médicamenteux au suivi d'un régime spécifique et prescrit, la suppression de comportements à risque ou encore la prise de rendez-vous réguliers avec le ou les professionnels de santé impliqués. La non-observance ou inobservance désigne à l'inverse des comportements qui vont à l'encontre des préconisations comme l'arrêt du traitement, le saut de prises ou encore la prise à une heure non adaptée. Cela constitue un enjeu de santé publique dans la mesure où l'observance permet de réduire les facteurs de morbidité et de mortalité.

1.3.2. Mesurer l'observance

Le test le plus connu d'évaluation de l'observance est le questionnaire de Girerd (47) (Voir Annexe 1). Cette évaluation dépend de la pathologie et du traitement qu'il implique. Il existe également une multitude de techniques pour apprécier le degré

d'adhésion du patient aux mesures hygiéno-diététiques et traitement médicamenteux (48) :

- Dosage du ou des médicaments
- Marqueur biologique
- Observation directe du patient
- Entretien
- Carnet
- Auto-questionnaire
- Dénombrement
- Registre de délivrance manuel ou électronique
- Pilulier électronique

1.3.3. Facteurs influençant l'observance

Bien qu'il soit central, le patient n'est pas le seul responsable dans sa prise de traitement. Plusieurs facteurs peuvent influencer sur son comportement et sa capacité d'adhésion au traitement comme le montre la Figure 7.

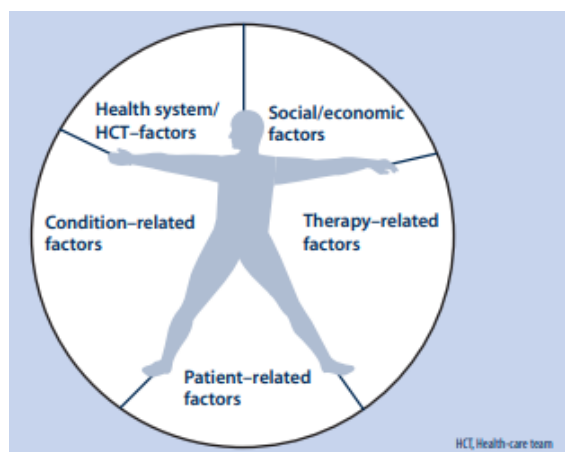


Figure 7. Les 5 dimensions de l'adhésion selon l'OMS (44)

Les facteurs socio-économiques influent notamment dans le cas de familles à faible revenu qui peuvent être amenées à faire des choix dans leurs priorités et reléguer leur santé au second plan. Le chômage, le niveau d'éducation, l'absence de soutien émotionnel, les croyances de l'entourage sur la maladie sont autant de paramètres qui ont des conséquences sur l'observance. Tout comme l'âge avec par exemple les personnes âgées qui du fait de certaines limitations fonctionnelles peuvent ne plus être en mesure de se rappeler les consignes de leurs traitements.

Les professionnels de santé et le système de santé ont aussi un rôle dans l'observance. Que cela soit à travers la qualité de la relation patient-professionnel ou l'efficacité des services de santé, ces paramètres influent positivement sur l'observance. A l'inverse, dans les pays peu développés où les soins impliquent des coûts élevés non remboursés, des professionnels moins formés et une faible distribution des traitements, on assiste à une dégradation de l'adhésion (44).

Les facteurs liés à l'état de santé puisque la gravité des symptômes, le niveau d'incapacité, le niveau de progression de la maladie ou encore les comorbidités ont un impact sur la facilité à suivre son traitement.

Le traitement lui-même influe sur l'observance. De sa complexité, de sa durée, du ressenti des effets bénéfiques, des effets secondaires dépend la réussite de l'adhésion du patient.

Enfin pour terminer, les facteurs liés au patient englobent ses connaissances, ses croyances, ses attitudes, ses compétences et ses attentes. Il faut que celui-ci se sente en confiance et doit avoir la motivation nécessaire pour s'autogérer et adopter les bons comportements. Le stress, l'anxiété, l'oubli ou le manque de connaissances sont à l'inverse des paramètres qui favorisent l'inobservance.

1.3.4. L'importance de l'observance chez le patient diabétique

Le diabète est une maladie chronique typique qui démontre la nécessité d'une approche intégrée et multidimensionnelle pour aider le patient à vivre au mieux avec la pathologie. Il est primordial que ces derniers acquièrent dès lors les bons gestes.

En effet, par rapport à ceux qui souffrent d'autres maladies chroniques, les patients atteints de diabète (qu'il s'agisse du type 1 ou 2) sont ceux qui s'auto contrôlent le plus, et sont également les plus disposés à le faire (49).

Mais des études ont également montré qu'environ 33 % des médicaments oraux et 38 % de l'insuline pour le diabète de type 2 (DT2) ne sont pas pris ou utilisés tels que prescrits en raison d'oublis, de désagréments, de croyances négatives sur le traitement, de la peur des injections et d'une myriade d'autres facteurs personnels et liés au système de santé (50) (51).

Les intégrer dans une démarche d'éducation thérapeutique aide ainsi à leur apporter toutes les clés de compréhension et moyens d'action pour prendre en charge leur pathologie au quotidien.

1.3.5. Définition de l'éducation thérapeutique

L'éducation thérapeutique est un processus centré sur le patient avec des professionnels de santé qui l'encadrent. Cela est intégré dans une démarche de soin avec un suivi qui est réalisé dans le temps. C'est une démarche qui est multidisciplinaire. À travers ce dernier, le patient acquiert des connaissances et des compétences. Sa mise en place se fait selon le schéma suivant :

- Diagnostic
- Programme personnalisé
- Offre éducative personnalisée
- Réaliser une évaluation individuelle

Les programmes ont lieu dans des établissements de santé publics ou privés, par l'intermédiaire de centres ou maisons de santé, via des réseaux de santé, ou encore dans des associations. Au niveau de l'officine, les entretiens pharmaceutiques sont valorisés mais il n'en existe pas pour le diabète. L'éducation thérapeutique doit permettre de renforcer les rôles de conseil, d'éducation et de prévention, dans le but de rechercher l'adhésion thérapeutique et d'évaluer les connaissances du patient sur son traitement par rapport à sa maladie. L'objectif est de bien intégrer sa maladie dans sa vie quotidienne.

1.3.6. L'éducation thérapeutique chez le patient diabétique

Le diabète nécessite un parcours particulier pour le patient. Il est suivi en ville par le médecin traitant mais les hospitalisations sont fréquentes du fait des complications. L'éducation thérapeutique tient un rôle clé et permet d'influer sur plusieurs facteurs :

- L'optimisation du traitement
- La réduction de la morbidité et de la mortalité de la pathologie
- La diminution des hospitalisations
- La réduction du coût de la prise en charge du patient

- L'amélioration de la qualité de vie

Le patient doit être amené à comprendre les mécanismes de sa maladie, les complications du diabète à court et long terme, l'intérêt des règles hygiéno-diététiques (régime, alimentation, sport). Il doit également comprendre l'action des médicaments, les bénéfices du traitement, comment améliorer son observance et la bonne utilisation de ses médicaments, comprendre les effets indésirables potentiels du traitement et comment les gérer/ Il doit aussi avoir connaissance des paramètres biologiques pour le suivi de sa pathologie associés à un certain nombre d'objectifs. Il doit connaître les signes d'hypoglycémie et d'hyperglycémie ainsi que la conduite à tenir, comprendre l'auto surveillance glycémique et son but.

Il est donc primordial de définir la normalité de la glycémie, le rôle du glucose, l'intérêt de l'insuline. Pour cela, il faut mettre en place une alimentation saine et équilibrée associée à de l'exercice physique. Les règles seront ensuite poursuivies si un traitement médicamenteux est associé car elles augmentent l'efficacité des médicaments et diminuent les risques cardiovasculaires. Le patient doit ainsi savoir :

- Différencier les médicaments insulino-sensibilisateurs pour diminuer l'insulino-résistance.
- Différencier les médicaments insulino-secreteurs pour améliorer la sécrétion de l'insuline

Ils sont souvent associés pour faire baisser la tension artérielle et par la même diminuer le risque cardiovasculaire.

Le dépistage et le suivi sont donc essentiels tout comme la prise de rendez-vous réguliers avec le professionnel de santé afin d'obtenir des prescriptions d'analyses biologiques et une orientation vers des spécialistes.

1.3.7. Les règles hygiéno-diététiques chez le patient diabétique

Les règles hygiéno-diététiques jouent un rôle clé dans la prise en charge du traitement et sont en première ligne pour une meilleure efficacité.

Les objectifs sont multiples : diminuer l'insulino-résistance, normaliser la glycémie, réduire les facteurs de risques cardiovasculaires et enfin réduire l'évolution des complications. Cela passe avant tout par la pédagogie où il est essentiel d'expliquer comment limiter les hyperglycémies postprandiales, éviter les hypoglycémies si des traitements médicamenteux sont associés, réduire les facteurs alimentaires favorisant l'athérosclérose.

1.3.7.1. L'alimentation

Ces règles consistent avant tout à installer un régime équilibré avec 3 repas pris à heures régulières et 2 collations par jour. Si l'alimentation est inadaptée, hyper énergétique et/ou hyper lipidique, il faut à ce moment-là rééquilibrer. Ces préconisations varient bien sûr selon le diabète et le patient (52).

- Pour les glucides, il faut étudier l'index glycémique avant tout. Eviter les sucres simples, préférer les sucres complexes.
- Pour les lipides, il faut éviter les graisses d'origines animales, préférer des acides gras polyinsaturés, plats préparés.
- Pour les protéines, la viande maigre et les protéines végétales sont à privilégier
- Les fruits et légumes sont indispensables car ils entraînent un ralentissement de l'absorption du sucre et des graisses.

Le sel doit être limité et pour cela, le patient doit apprendre à lire les étiquettes alimentaires.

Ces mesures alimentaires vont de pair avec une surveillance du poids. L'Indice de Masse Corporel joue un rôle dans le diabète. La perte de poids est justifiée si l'IMC est supérieur à 25 afin d'améliorer le contrôle de la glycémie et limiter les facteurs de risques cardio-vasculaires. C'est une perte qui se fait sur la durée avec des objectifs réalistes et raisonnables qui doivent être définis lors de l'entretien avec le patient afin de s'assurer de sa collaboration (53).

1.3.7.2. L'activité physique

L'activité physique est enfin le dernier élément qui entre en jeu de ses règles hygiéno-diététiques (54). La pratique a également pour objectif de diminuer l'insulino-résistance et les risques cardio-vasculaires. Elle doit se faire régulièrement afin de permettre une diminution de la masse grasse athérogène, une amélioration du HDL-C, une diminution de la pression artérielle et enfin une augmentation de la sensibilité à l'insuline.

Elle permet également la consommation accrue du glucose, une perte de poids en augmentant la dépense énergétique, des effets directs sur le physique et le psychisme. Il est ainsi recommandé 30 minutes de marche par jour 3 fois par semaine. Il s'agit là avant tout d'une marche d'endurance non intense pour éviter la glycolyse anaérobie et modérée pour éviter l'essoufflement et la fatigabilité, ce qui est souvent source de découragement.

Il faut vérifier sa glycémie avant et après l'effort. Le patient doit toujours avoir du sucre sur lui en cas de besoin et doit adapter son alimentation en fonction de l'activité choisie. Au préalable, il est nécessaire de réaliser une consultation médicale pour évaluer la capacité du sujet et adapter l'activité physique. Cela inclut une épreuve d'effort associé à un bilan cardiovasculaire (mesure de la tension artérielle et ECG). Le choix de l'activité est fonction de l'âge, de l'ancienneté du diabète, des complications déjà présentes...

Face à ses nombreuses recommandations et contraintes, il est primordial que le patient diabétique soit soutenu dans ce bouleversement de ces habitudes quotidiennes. Le professionnel de santé joue alors un rôle primordial pour aiguiller vers les dispositifs les plus adaptés pour faciliter la prise en charge du patient, les dispositifs digitaux s'étant particulièrement développé dans le domaine du diabète...

2. Les solutions digitales appliquées au diabète

Les outils digitaux soutiennent et renforcent la relation qui existe entre le médecin et son patient. Ces derniers sont de plus en plus en attente de conseil de la part de leur médecin en ce qui concerne ces dispositifs.

2.1. Les applications digitales

Aujourd'hui, on compterait près de 3,5 milliards d'utilisateurs de smartphones autour du monde soit près de la moitié de la population (55). Un outil multitâche devenu essentiel au quotidien et qui a développé un intérêt dans le domaine de la santé. En 2018, 300 millions d'applications de santé étaient recensées au niveau mondial, soit le double de celles existantes en 2015 (56). En 2013, une étude menée par l'OMS démontrait que le diabète était la pathologie la plus ciblée dans ce domaine. Celle-ci indiquait déjà à l'époque le fossé séparant les applications développées dans un contexte de recherche et celles développées dans un contexte purement commercial (57).

Results of the literature review.									
	Anemia	Hearing loss	Migraine	Low vision	Asthma	Diabetes mellitus	OA	Depression	
IEEE	2	4	2	0	8	16	0	6	
Scopus	3	8	2	7	29	112	6	22	
ScienceDirect	0	0	0	1	1	5	1	5	
WoK	1	5	1	3	25	79	5	18	
PubMed	1	2	1	1	16	53	3	13	
Total	5	9	3	9	36	140	6	32	
Results of the commercial apps review.									
	Anemia	Hearing loss	Migraine	Low vision	Asthma	Diabetes	OA	Depression	
						Diabetes mellitus		Depression	
								Depressive disorders	
Google Play	7/74	17/42	57/201	33/43	44/226	>1000	19/67	16/46	>1000
iTunes	7/21	32/37	46/102	30/46	57/124	605	17/21	5/16	419
BlackBerry	0/0	0/0	5/6	0/0	6/7	33	0/0	0/0	13
Windows	0/0	3/5	4/8	1/1	4/14	81	2/3	2/2	69
Ovi Store	0/0	-	0/0	-	1/2	40	15/40	1/1	35
Total	14	52	112	64	112	>1759	53	24	>1536

Tableau 2. Comparatif du nombre d'applications par pathologie trouvées dans la littérature et les boutiques en ligne en 2013 (57)

Cette appétence des développeurs pour le diabète s'explique avant tout pour des raisons commerciales et économiques. Le Tableau 2 ci-dessus souligne bien l'écart de différence entre les applications recensées dans la littérature et celles disponibles

à l'achat en ligne. Le diabète étant associé au mode de vie moderne présent dans les zones développées, le marché potentiel de patients ayant les ressources pour prendre en charge sa pathologie est plus facilement acquis. D'autant que l'utilisation de la technologie s'est accentuée entre 2016 et 2018 comme illustré par la Figure 8.

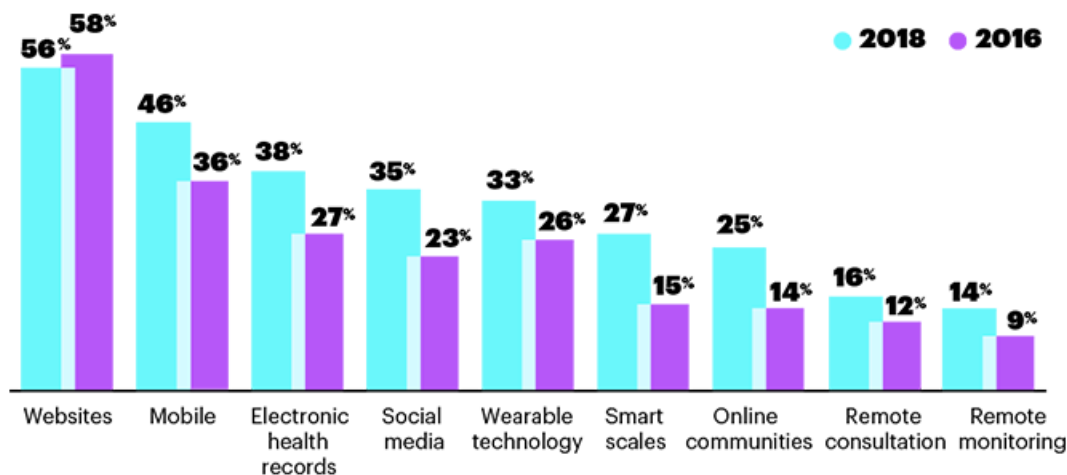


Figure 8. Comparatif de l'utilisation de la technologie par les patients entre 2016 et 2018 (58)

Les applications digitales de e-santé se répartissent en général en trois catégories :

- Celles utilisées pour suivre le bien-être
- Celles qui fonctionnent comme des dispositifs médicaux autonomes (dans le cas du diabète, on peut citer celles pour titrer l'insuline)
- Celles qui affichent, téléchargent et/ou utilisent des données provenant de dispositifs médicaux qui diagnostiquent, préviennent, surveillent ou traitent une maladie (par exemple, le contrôle de la glycémie, la CGM, la pompe à insuline ou le système automatisé d'administration d'insuline [AID] également appelé système de contrôle en boucle fermée comme vu en partie précédente) (42).

Mais le nombre d'applications existants et leurs fonctionnalités étant multiples (Voir Annexe 2), il est aussi possible de les classer selon leur but premier dans la gestion du quotidien d'un diabétique.

- Applications centrées sur la nutrition
- Applications centrées sur l'activité physique
- Applications de surveillance de la glycémie
- Applications pour le dosage de l'insuline

2.1.1. Les applications de nutrition pour le diabétique

Pour maintenir un taux de glycémie optimal, il est essentiel de surveiller son régime alimentaire. Pour permettre au patient de mieux s'orienter quant au choix de ses repas, des applications proposent des bases de données permettant à l'utilisateur de se renseigner sur la composition et la valeur énergétique des ingrédients. Certaines l'offrent via la possibilité de scanner directement les codes-barres d'articles. Elles offrent généralement des fonctionnalités permettant d'établir un régime alimentaire quotidien.

Cette facilité d'accès aux informations dont il a besoin encourage davantage le patient à faire les bons choix.

Exemple : Gluci-Chek (Roche Diagnostics France) qui calcule les glucides contenus dans plus de 220 plats avec une base de données des aliments qui prend en compte les différentes tailles de portions pour évaluer précisément les apports glucidiques. (59).

Autres exemples : Diabetes Buddy, Diabetes Log, and Track3.

2.1.2. Les applications centrées sur l'activité physique

Elles permettent d'enregistrer l'activité physique, de décompter les calories dépensées et de se créer un entraînement personnalisé.

Il a d'ores et déjà été démontré que l'utilisation d'un coach digital entraînait une perte de poids plus importante comparé à une série d'exercices classiques réalisés en hôpital sur le court terme avec en moyenne 5% de perte par rapport au poids initial sur 3 mois. La technologie enclenchant davantage une participation active du patient, elle permet aussi une assiduité plus longue sur la durée (60).

Toutefois les exercices doivent être adaptés selon l'âge, les comorbidités du patient et son état de santé global.

Exemples : Samsung Health, Google Fit

2.1.3. Les applications de surveillance de la glycémie

Auparavant, les personnes diabétiques devaient renseigner leur taux journalier de glucose dans un carnet de surveillance qui était ensuite évalué par le médecin lors du rendez-vous suivant. Désormais l'électronique permet d'enregistrer ces données de manière plus fiable et plus précise. Les données enregistrées peuvent être traitées directement et offrir une visualisation plus affine du taux de glucose dans le temps.

Exemples : Glucose Buddy (Azumio), MySugr (Roche).

2.1.4. Les applications pour le dosage de l'insuline

Chaque repas est différent et apporte une quantité de glucides variable. Pour aider le patient diabétique à calculer au mieux l'apport glucidique de ses menus, des applications se sont développées. Elles permettent in fine d'obtenir la dose d'insuline adaptée aux besoins.

Les compétences en lecture et en calcul constituent des obstacles au calcul manuel des doses d'insuline. Les applications prévues à cet effet sont des outils prometteurs pour aider les personnes diabétiques à administrer l'insuline en toute sécurité et ont le potentiel d'améliorer le contrôle glycémique (61).

Au final, les fonctionnalités de ces applications peuvent parfois se rejoindre sous un seul et même logiciel et interviennent à différents moments de la gestion du diabète. Des chercheurs ont ainsi élaboré en 2019 un diagramme du parcours de gestion des médicaments basé sur le modèle de Stowasser (Figure 9) qui illustre la relation entre les facteurs d'une bonne pratique de gestion des médicaments et les fonctionnalités possibles des applications de santé.

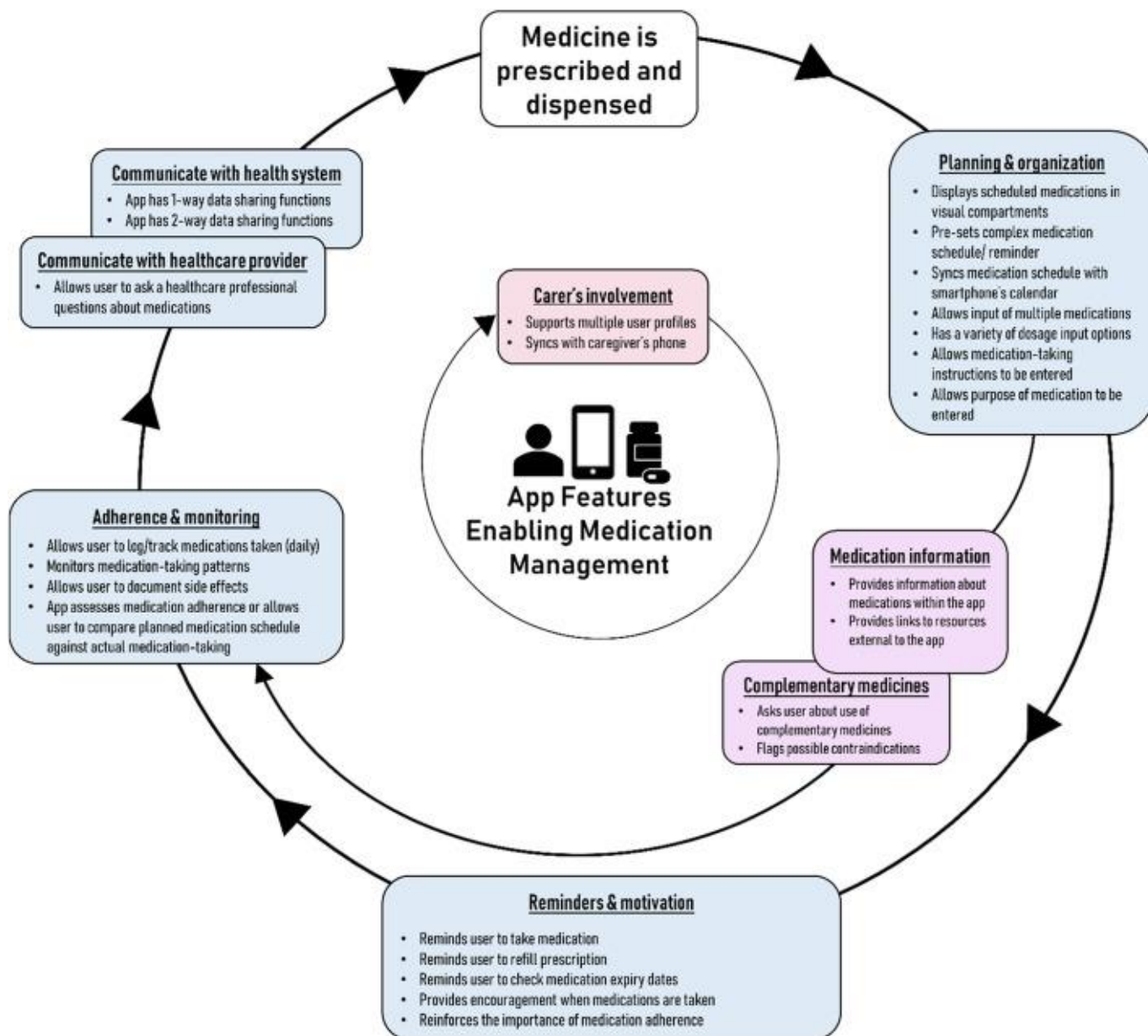


Figure 9. Diagramme des fonctionnalités des applications de gestion du diabète mises en correspondance avec les facteurs d'une bonne pratique de gestion des médicaments (62)

2.2. Les dispositifs connectés

2.2.1. Les Stylos à Insulines connectés

Dans le monde, l'administration d'insuline à l'aide d'une seringue ou d'un stylo reste la modalité de traitement utilisée par la plupart des personnes atteintes de diabète.

2.2.1.1. Principe

Les stylos à insuline contiennent de l'insuline dans une cartouche qui est administrée dans le tissu sous-cutané au moyen d'une aiguille fine et remplaçable. Introduits en 1981 en tant que dispositifs d'injection pratiques et faciles à utiliser, les stylos sont

largement utilisés dans le cadre du traitement par injections quotidiennes multiples (IDM) pour administrer l'insuline (63).

Les stylos à insuline, qui permettent des injections par bouton-poussoir, se présentent sous la forme de stylos jetables avec cartouches préremplies ou de stylos à insuline réutilisables avec cartouches d'insuline remplaçables.

2.2.1.2. Evolution

En 2017, le premier stylo intelligent avec connectivité Bluetooth intégrée a été homologué aux États-Unis sous le nom InPen et commercialisé par Companion Medical (64).

Les stylos intelligents ont pour particularité de pouvoir enregistrer la quantité et le moment de chaque dose d'insuline, afficher la dernière dose ainsi que transmettre sans fil les informations via Bluetooth à une application mobile dédiée. Le Bluetooth étant une technologie permettant l'échange de données numériques entre appareils électroniques via les ondes radio en ultra haute fréquence. L'application smartphone associée permet également d'obtenir des recommandations de dosage et transfère automatiquement les données sur le cloud pour être partagées avec les professionnels de santé. La technologie est d'ores et déjà approuvée également dans l'Union Européenne avec NovoPen 6 et NovoPen Echo Plus (65).

Autre dispositif notable, Insulclock est un dispositif qui s'adapte à plusieurs stylos à insuline conventionnels différents pour permettre des fonctionnalités avancées telles que suivre le dosage, l'heure et les injections d'insuline manquantes (66).

2.2.2. Pompe à Insuline

2.2.2.1. Principe

La pompe à insuline est une alternative au traitement par multi-injections d'insuline réalisées avec les stylos et favorise un meilleur équilibre glycémique (67) :

- Diminution du risque d'hypoglycémies (sévères)
- Diminution des variations glycémiques
- Amélioration modérée de l'Hb1Ac ou de l'équilibre métabolique

Elle se présente en externe sous la forme d'un appareil discret qui délivre de manière continue de faibles doses d'insuline rapide. Pour fonctionner, la pompe est associée à

un dispositif de perfusion (élément programmable) comprenant une tubulure et un cathéter qui doivent être remplacées tous les trois jours en veillant à alterner les sites d'implantation (éléments jetables) (68).

La pompe délivre en continu de l'insuline rapide mais adapte son débit à la situation. Le débit de base, dit "basale" correspond à l'ultra lente tandis que le débit rapide ou "bolus" sert à couvrir le repas.

2.2.2.2. Evolution

C'est en 1981 qu'est introduit la première pompe à insuline programmable avec batterie portable offrant ainsi au patient la possibilité de contrôler le débit. Depuis, de nombreux progrès ont été faits avec des pompes qui profitent des progrès de la microélectronique pour augmenter leur fiabilité auprès des utilisateurs.

Récemment, des pompes patchs (PP) ont été développées, pour être portées directement sur la peau, sans cathéter visible (69).

Les pompes offrent comme avantages par rapport aux stylos d'offrir une certaine flexibilité au patient via la programmation mais également une plus grande discrétion dans la prise de son traitement.

2.2.3. Les appareils de mesure du glucose interstitiel

2.2.3.1. Principe de la mesure du glucose interstitiel en continu

Surveiller les taux de glycémie ainsi que leur variabilité ont un intérêt plus que démontré. Les appareils de mesure du glucose interstitiel, communément appelés CGM pour *Continuous Glucose Monitoring*, sont des outils innovants qui utilisent un capteur sous-cutané à cet effet (70). Ce capteur émet un signal électrique dont l'intensité varie en fonction du taux de glucose interstitiel. La transformation du signal « glucose » en signal électrique est rendue possible par l'utilisation de l'enzyme glucose oxydase qui constitue la substance réactive de la canule des capteurs. Les données sont ensuite transmises à un dispositif indépendant et ce de manière continue comme son nom l'indique. Pour étalonner le système et permettre la production de résultats fiables, il est nécessaire de réaliser des mesures de glycémies capillaires dites de calibration. Les calibrations sont nécessaires pendant toute la durée de vie du capteur (5 à 7 jours) à une fréquence variable selon les dispositifs. Quel que soit le

système utilisé, le non-respect des consignes de calibration peut mettre en péril la quantité et la qualité des données obtenues (71).

2.2.3.2. Evolution du Modèle vers le Flash Glucose Monitoring (FGM)

Le Flash Glucose Monitoring fonctionne sur le même principe à la différence qu'il est nécessaire de scanner le capteur pour visualiser les datas (72).

Sur le marché, c'est le capteur FreeStyle Libre des laboratoires Abbott (Figure 10) qui fût le premier représentant de cette nouvelle catégorie de dispositifs. Il permet d'obtenir des data qualitatives sur une période de 14 jours grâce à sa technologie et son mode de fabrication parfaitement reproductible. Autre avantage, il n'est pas nécessaire de calibrer le système grâce à un étalonnage d'usine. L'absence de calibration sous-entend également que les autocontrôles de glycémie capillaire pourraient être totalement remplacés par cette technologie. Il reste cependant conseillé de faire une glycémie capillaire de contrôle en cas de discordance entre le résultat du glucose interstitiel et la situation clinique. Plusieurs études ont validé la technologie du capteur FreeStyle Libre, notamment en comparant les résultats avec et sans calibration sur une durée de 14 jours (73).

Les données ne sont pas transmises de manière automatique au lecteur mais restent en mémoire dans le capteur pendant 8 heures. Il suffit simplement au patient de faire un scan pour y accéder en approchant le lecteur du capteur à une distance de moins de 3 centimètres.

Les 8 dernières heures d'enregistrement sont alors visualisables sous forme d'une courbe. La valeur actuelle du taux de glucose interstitiel et la flèche de tendance qui indique le sens et la vitesse d'évolution de ce taux sont également disponibles à chaque scan. Cela requiert donc une démarche active du patient pour rester en alerte.

Ce système fournit à l'utilisateur un enregistrement rétrospectif de courte durée (8 heures) ainsi que les données actuelles au moment du « scan » (valeur et flèche). Il s'agit d'un accès intermittent à une mesure continue du glucose. Compte tenu de l'absence de transfert en continu des données du capteur vers le lecteur, le FGM ne dispose pas d'alertes en temps réel lorsque le taux de glucose interstitiel sort de l'intervalle cible. Ce type d'alerte reste la spécificité du CGM personnel.

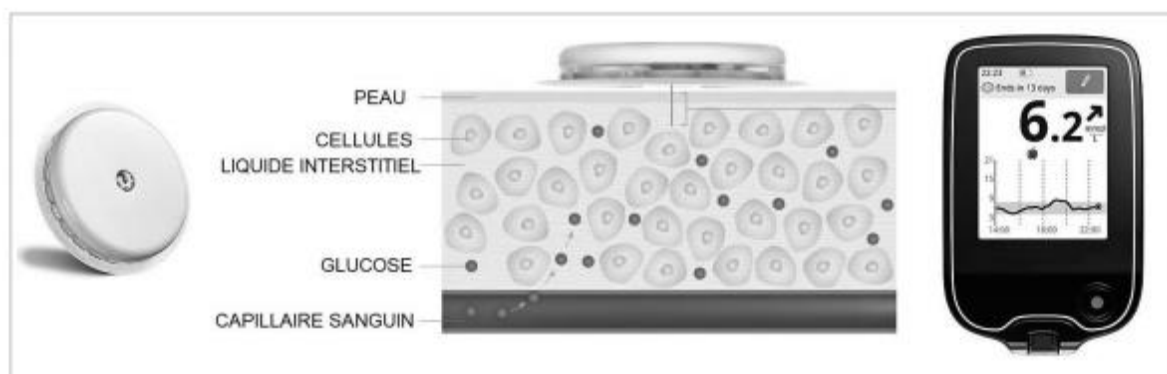


Figure 10. capteur et lecteur du FreeStyle Libre®, dispositif de Flash Glucose Monitoring commercialisé par Abbott® (74)

2.2.3.3. Ambulatory Glucose Profile

Bien que le capteur ne dispose que de 8 heures de données en mémoire, le lecteur, quant à lui, conserve jusqu'à 90 jours de données, sous réserve que des scans réguliers aient permis le transfert des données du capteur vers le lecteur. Le contenu du lecteur peut ensuite être téléchargé via un logiciel pour pouvoir visualiser les données sous forme de profil AGP (ambulatory glucose profile) (75).

Ce profil AGP est une représentation à la fois graphique et statistique des données de glucose interstitiel (voir Figure 11). Lorsqu'il comporte une période d'au moins 14 jours de données, le rapport AGP synthétise de nombreuses informations, notamment l'exposition globale à l'hyperglycémie, la variabilité glycémique intra- et inter-journalière et le risque hypoglycémique. L'analyse de l'AGP permet de cerner rapidement le profil du patient et de proposer une modification thérapeutique ciblée selon l'anomalie constatée et son horaire (76).

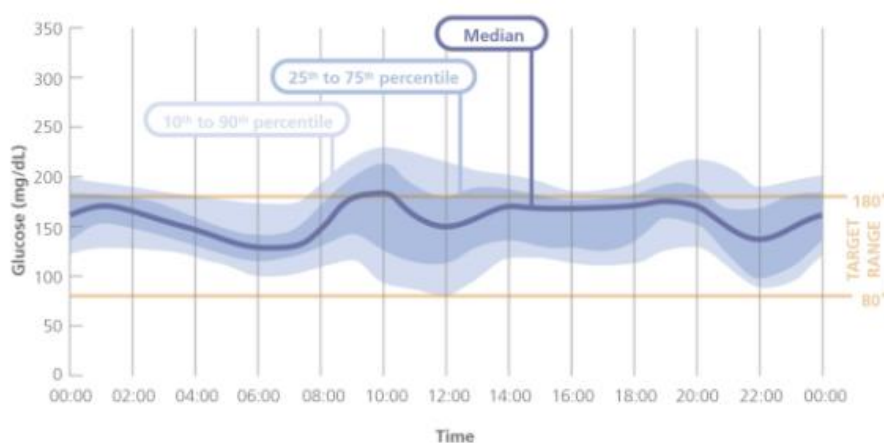


Figure 11. Exemple d'un rapport Ambulatory Glucose Profile (76)

2.2.3.4. CGM versus FGM

Avec le FGM, on obtient un meilleur contrôle à court terme des fluctuations. Ces fluctuations qui sont justement associées à un risque de dysfonction endothéliale et un plus grand risque de complication macro vasculaires.

Le CGM est meilleur que le FGM dans la prévention d'hypoglycémies (77).

2.2.3.5. CGM + système fermé de pompe à insuline

Pour aller encore plus loin, la technologie Diabeloop (voir Figure 12) a été développée afin de se positionner comme le futur des traitements pour les diabétiques de type 1 et 2. Il s'agit d'un système d'administration d'insuline en boucle fermée qui devrait être amené à devenir un traitement standard tout en réduisant les coûts pour les systèmes de soins (78).

Le premier modèle d'insulinothérapie automatisée sensible au glucose ou boucle fermée a été introduit il y a environ 50 ans, suivi par le Biostator des Laboratoires Miles, premier système commercial en boucle fermée produit à la fin des années 1970. Cependant, son utilisation à grande échelle était limitée en raison de la simplicité de l'algorithme, de la taille du dispositif, de la nécessité d'un accès intraveineux et d'un plus grand gaspillage de sang (79).

Ce n'est qu'il y a 15 ans que l'idée d'une boucle fermée a été réinvestiguée. Dans sa version 2019, le DBLG1 comprend 3 dispositifs ayant chacun le marquage CE séparément. L'ensemble détient en plus son marquage CE en tant que dispositif médical distinct (80). Il comprend :

- Un capteur de glucose interstitiel en continu sans calibration obligatoire ni perturbation liée à la prise de paracétamol ;
- Une pompe miniaturisée adhésive délivrant l'insuline repositionnable, dont on change seulement la cartouche et le cathéter à tubulure très courte. Etanche, ce matériel est pérenne et rechargeable électriquement sur un « dock » (station de recharge). Les cartouches du réservoir contiennent 200 UI d'insuline, pour une autonomie de 3 jours maximum.
- Un terminal électronique dédié dont les algorithmes sont la propriété de la société Diabeloop et commandent la délivrance de l'insuline en fonction des

informations fournies en temps réel par le capteur de CGM et le patient (repas, effort physique).

Les informations stockées sont restituées en courbe des dernières 24 heures et en flashes de tendance. Il garde en mémoire toutes les injections faites. S'ajoute à ce matériel l'accès à une plateforme de visualisation des données personnelles où le patient peut consulter ses courbes glycémiques, le temps passé dans la cible, son taux d'HbA1C. Le module de commande du DBLG1 fonctionne en intranet par connexion Bluetooth, dans un espace numérique restreint, partagé par le matériel au patient et aux personnes autorisées.

D'après l'étude du Diabète LAB menée en juillet 2019, il en ressort une appréciation très positive des patients qui ont pu tester Diabeloop (81). Ce dernier n'aurait pas d'effet sur les contraintes physiques telle que la douleur liée à la pose du cathéter et sociales. Un ressenti identique à celui manifesté par le patient et son système Pompe/CGM. La contrainte matérielle est néanmoins accentuée dû au terminal jugé comme étant plus encombrant. Mais c'est surtout la charge mentale qui est allégée dans la pratique des activités quotidiennes : grâce à l'outil, le patient n'a plus à être interrompu constamment. Un gain non négligeable en termes de qualité de vie.

Le système DBLG1 améliore le contrôle du glucose par rapport aux pompes à insuline assistées par capteurs. Ces résultats soutiennent l'utilisation de la technologie en boucle fermée combinée à une organisation appropriée des soins de santé chez les adultes atteints de diabète de type 1 (82).

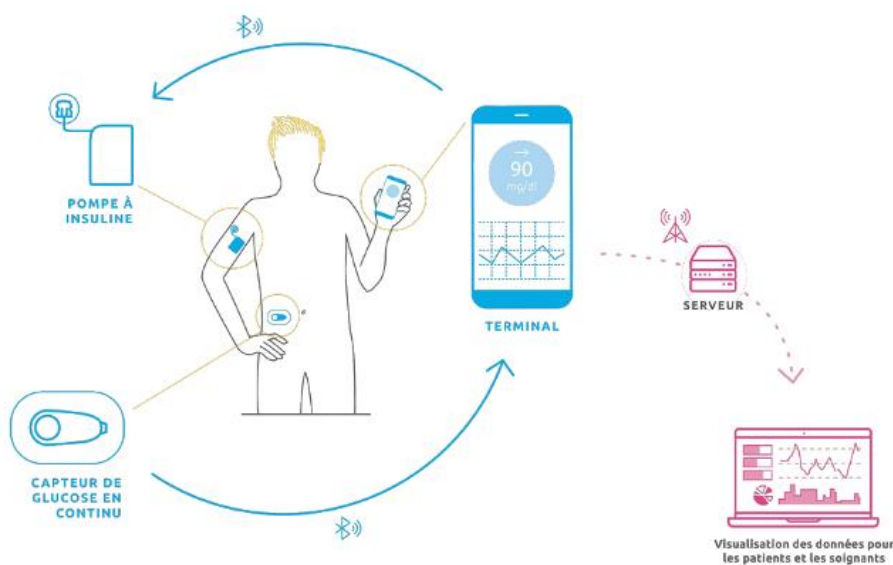


Figure 12. Schéma du dispositif DBLG1 de Diabeloop (80)

2.2.3.6. Do-It-Yourself Artificial Pancreas System et le mouvement OpenAPS

Depuis des dizaines d'années, les diabétiques expérimentent et modifient leurs propres dispositifs et technologies pour le diabète afin d'obtenir la meilleure qualité de vie possible et d'améliorer leurs résultats à long terme, notamment les systèmes en boucle fermée à faire soi-même (DIY). Des milliers de personnes utilisent des systèmes DIY en boucle fermée dans le monde, qui fonctionnent de manière similaire aux systèmes commerciaux en ajustant et en contrôlant automatiquement la dose d'insuline, mais qui sont différents en termes de transparence, d'accès, de personnalisation et de facilité d'utilisation. Les premiers résultats observés par la communauté des systèmes de pancréas artificiel DIY sont positifs, et des essais contrôlés randomisés sont à venir sur divers éléments de la technologie DIYAPS (83).

2.3. L'intelligence artificielle au service du patient diabétique

2.3.1. Définition de l'Intelligence Artificielle

Bien qu'elle fût décrite pour la première fois en 1956, l'Intelligence Artificielle ou IA n'a toujours pas de définition précise acceptée unanimement par les experts (84). Nous prendrons donc pour postulat celle publiée par l'OMS dans un article publié en 2019 et revenant sur les défis éthiques à venir avec cette technologie. Elle a ainsi été définie comme "la partie de la technologie digitale qui désigne l'utilisation de logiciels informatiques codés avec des instructions spécifiques pour effectuer des tâches pour lesquelles un cerveau humain est normalement considéré comme nécessaire (85).

L'Intelligence Artificielle s'est développée de manière exponentielle depuis ces dernières années et trouve déjà des applications sous de nombreuses formes dans notre société. Les applications de l'IA s'étendent désormais à des domaines que l'on croyait auparavant réservés aux experts humains grâce notamment aux progrès en matière d'acquisition de données numériques, d'apprentissage (machine learning) et l'amélioration des structures informatiques (86). La santé est bien évidemment un terrain sur lequel l'IA s'aventure et offre déjà des avancées majeures.

Il explique plusieurs techniques qui se basent sur l'Intelligence artificielle. L'une des plus répandues est le « machine learning ». Ici à l'instar de l'homme, les systèmes d'IA sont exposés à une base de données qui leur permet d'abord "d'apprendre" des

mécanismes simples en rapport avec une découverte ou une maladie spécifique. Cependant, l'IA est bien plus qu'une simple base de données gigantesque. Après les étapes initiales de l'apprentissage, le système ou la machine apprend à "s'améliorer", c'est-à-dire à évoluer à partir de son apprentissage initial pour devenir plus précis et plus efficace (87).

Cette technologie s'applique notamment pour le dépistage médical assisté par l'IA et se développe plus particulièrement sur les pathologies à forte incidence. Il n'est dès lors pas étonnant de voir déjà des applications concernant les patients diabétiques.

2.3.2. Exemple du diagnostic automatisé de la rétinopathie diabétique

Il est prudent de procéder à un examen du fond d'œil au moins une fois par an chez les patients dont le diabète n'est pas contrôlé, afin d'établir un diagnostic et un traitement précoces et de réduire la charge de la maladie dans la communauté. Cependant, seule la moitié de ces patients se soumettent au dépistage (88).

Grâce à un algorithme qui se base sur une large bibliothèque de photos de fond d'œil avec lequel il a appris au préalable, l'IA peut détecter la présence ou non de rétinopathie diabétique chez un patient en quelques secondes (89).

Ces algorithmes présentent plusieurs avantages par rapport au dépistage humain. Leur rapidité d'exécution d'abord puisqu'ils peuvent classer des milliers d'images par jour et sont souvent en mesure de fournir des résultats quelques secondes ou minutes après avoir pris les photos. Les facteurs humains comme la fatigue ou les erreurs de jugement sont aussi écartés (90).

Mais pour démocratiser ces systèmes, il est nécessaire au préalable de faire l'acquisition d'une banque d'images rétinienne sur lesquelles les algorithmes peuvent s'entraîner. La confidentialité, la protection des données et autres réglementations font partie des obstacles rencontrés.

2.4. Les databases au service de la recherche

Les bases de données qu'elles soient cliniques, administratives ou issus d'essais ont une utilité croissante dans la recherche. Elles peuvent ainsi être couplées à d'autres bases de données ou alors mises en comparaison avec la population générale pour déceler de nouvelles informations le tout à un coût relativement faible (91).

Il est primordial toutefois selon la source utilisée de prendre en compte les biais qui peuvent exister avec la population concernée au sens large et/ou la population générale et ce par souci de représentativité. Le critère clé d'inclusion dans ces bases de données dans le cas ici présent est un diagnostic avéré de diabète.

En résumé, les bases de données sur le diabète peuvent être utilisées pour répondre à d'importantes questions de recherche. Il est essentiel de comprendre les forces et les limites de cette approche pour interpréter les résultats de manière appropriée. Peut être cité comme exemple, le projet Tidepool ayant pour but de créer de larges banques de données pour aider à la recherche (92).

Les données mondiales sur la prise en charge du diabète de type 2 étant rares, des programmes comme DISCOVER vise à enregistrer les caractéristiques des patients, des prestataires de soins et du système de santé, les modes de prise en charge et les facteurs influençant les changements thérapeutiques dans 35 pays participants (24). Cela nécessite la collecte de données clés et précises de chaque individu comme illustré par le Tableau 3.

Tableau 3. Indicateurs clés pour la collecte de données à des fins de surveillance de la qualité de la prise en charge du diabète (24)

Base de référence	Indicateurs permanents (au moins tous les 12 à 24 mois)			
	Anthropométriques	Laboratoire	Cliniques	Gestion autonome
• Âge actuel • Sous-types de diabète • Âge au moment du diagnostic • Antécédents familiaux • Ethnicité • Taille • Genre et risque de grossesse	• Poids et taille (indice de masse corporelle) • Tour de taille • Tension artérielle	• HbA1c • Cholestérol total • Cholestérol HDL • Cholestérol LDL • Triglycérides • Microalbuminurie (p. ex., rapport albuminurie: créatininurie) • Débit de filtration glomérulaire estimé (DFGe)	• Acuité visuelle • Examen de l'oeil dilaté • Examen du pied (cutané, vasculaire et neurologique) • Autres complications (accident vasculaire cérébral, coronaropathie, insuffisance cardiaque, maladie artérielle périphérique, insuffisance rénale au stade terminal, neuropathie végétative, état mental, cancer) • Hospitalisation	• Tabagisme • Consommation d'alcool • Hypoglycémie • Auto-surveillance (glycémie, pression artérielle, poids) • Régime alimentaire • Activité physique • Risque de la conduite • Observance du traitement médicamenteux • Technique d'injection de l'insuline (le cas échéant) • Dentaire

2.5. Réseaux sociaux et communautés en ligne

Bien que les experts ne se soient pas encore mis d'accord sur la meilleure plateforme sociale pour mettre les patients en contact entre eux, l'utilisation de groupes Facebook, de blogs et d'applications mobiles s'est de plus en plus démocratisé chez les personnes atteintes de maladies chroniques pour échanger avec leurs pairs et ceci présente des avantages prometteurs (93).

Une étude a ainsi été réalisée auprès de patients diabétiques utilisant des plateformes de médias sociaux disponibles dans le commerce ou personnalisées. Les groupes Facebook se révèlent être un outil utile car ils offrent une plateforme multimodale permettant d'accéder à du contenu, de transmettre des compétences, de suivre les progrès et d'organiser des groupes en ligne et en direct.

De même, il a été démontré que l'établissement de liens sociaux en ligne avec d'autres personnes souffrant d'une maladie chronique similaire via ces canaux diminuait le sentiment d'isolement et augmentait le sentiment d'utilité. Cela génère également un engagement actif bien souvent associé à un sens plus élevé de la responsabilité personnelle et offre aux patients une plus grande possibilité d'acquérir des connaissances sur leur maladie.

Toutefois, l'exactitude et la crédibilité des informations médicales obtenues par ces biais restent l'une des principales préoccupations des patients. A l'heure où la désinformation générale déferle sur ces canaux, identifier des groupes fiables dotée d'une modération est nécessaire pour instaurer une relation de confiance dans ce cas de figure (94).

Fournir des contenus de haute qualité sur le diabète par le biais des canaux de médias sociaux ouverts les plus utilisés et interagir avec les utilisateurs des médias sociaux pourrait potentiellement aider les personnes atteintes de diabète. En ayant accès à des informations de qualité gratuites, elles pourraient améliorer leurs connaissances, une condition préalable importante pour améliorer l'autogestion et les comportements de santé. D'autres recherches devraient explorer la meilleure façon d'utiliser les canaux de médias sociaux ouverts pour les interventions de promotion de la santé dans le domaine du diabète (95).

Enfin, les réseaux sociaux offrent également une autre perspective enthousiasmante qui combinerait la data de ces réseaux avec des données cliniques pour étudier de nouveaux signaux et marqueurs cliniques.

Ainsi, les outils digitaux ont ouvert de nouvelles perspectives dans le traitement et l'accompagnement des patients diabétiques. Mais ces avancées s'accompagnent également de nouveaux enjeux et challenges pour le secteur de la santé.

3. Enjeux et Challenges de ces nouveaux outils digitaux

3.1. Les atouts de la e-santé

3.1.1. Bénéfices généraux

Trois bénéfices potentiels en termes de soins ont été retenus par la Commission européenne et détaillés dans son livre vert dédié :

- La prévention accrue et meilleure qualité de vie
- Des systèmes de santé plus efficaces et plus durables
- Des patients plus responsables (96)

L'enjeu est double puisqu'au-delà de l'amélioration des soins, la e-santé permet aux pays à revenu élevé de réduire les dépenses de santé tandis que, dans les pays en développement, c'est de l'accès aux soins primaires dont il est question (97).

Parmi les disciplines qui profitent de ces avancées, la diabétologie est au premier rang avec en parallèle du développement de nouvelles classes médicamenteuses (principalement pour le diabète de type 2) et de l'expérience grandissante des allogreffes d'îlots, l'émergence de nouveaux dispositifs technologiques pour la délivrance de l'insuline et la surveillance métabolique (pompes, capteurs de glucose, pancréas artificiel...) ou encore l'impact de la télémédecine (98).

3.1.2. Des dispositifs en évolution permanente

Les innovations technologiques continuent de croître rapidement et modifie peu à peu la prise en charge traditionnelle : la sécurité, l'efficacité et le rapport coût-efficacité sont les moteurs du remboursement et de l'adoption de ces innovations par les systèmes de santé.

Avec ces outils, le patient bénéficie d'un meilleur contrôle sur sa maladie :

- L'utilisation de la pompe à insuline est associée à un meilleur contrôle métabolique, à une moindre variabilité du glucose, moins d'hypoglycémie et une meilleure qualité de vie.
- La surveillance continue du glucose est fortement associée à un meilleur contrôle métabolique, un meilleur contrôle métabolique, plus de temps dans l'intervalle, moins de temps en hypoglycémie, moins d'anxiété et une meilleure qualité de vie.

- L'administration automatisée d'insuline en fonction du glucose, actuellement au stade de la boucle fermée hybride, permet d'atteindre le plus haut niveau de temps dans l'intervalle souhaitée, le plus bas niveau d'hypoglycémie et une qualité de vie favorable.
- L'utilisation d'applications pour le diabète dans le cadre de l'autogestion était positivement associée à un meilleur comportement en matière d'autogestion dans les deux types de diabète notamment chez les patients ayant une culture digitale élevée (99). Les résultats indiquent que les applications pour le diabète ont le potentiel d'améliorer l'autogestion du diabète et de développer un style de vie plus sain.

3.1.3. Une utilisation amplifiée par la COVID-19

La pandémie de COVID-19 a grandement impacté les communautés et parmi eux les patients diabétiques. Si aucune évidence n'a pour l'instant été mise en évidence quant à un risque de contraction plus élevé du COVID-19 chez les diabétiques, il a cependant été mis en lumière qu'un mauvais contrôle de la glycémie était un facteur important qui joue sur la gravité de ce dernier lorsqu'on le contracte. En effet, les événements hyperglycémiques peuvent conduire à l'acidocétose diabétique, condition potentiellement mortelle qui interfère avec la réponse immunitaire pour atténuer la septicémie et la récupération.

Avec les confinements successifs, le digital pu être d'autant plébiscité et permettre d'assurer un suivi à distance. Un avantage dans un contexte où les professionnels de santé ont dû faire face à de nombreuses charges notamment dans les hôpitaux.

La pandémie de COVID-19 a fait notamment de la télémédecine le système interactif le plus sûr entre les patients, infectés ou non, et les professionnels de santé.

Dans le cas des patients atteints de diabète, la pandémie a démocratisé le dépistage à distance de la rétinopathie diabétique ainsi que sa surveillance. Les données disponibles ont démontré l'efficacité et l'utilité de la télémédecine dans ce contexte (voir Figure 13). Grâce à ces outils, le dépistage a été étendu à une partie beaucoup plus importante des sujets diabétiques, et la comparaison entre la télémédecine et l'examen standard du fond d'œil a révélé une bonne efficacité de l'utilisation des smartphones (100).

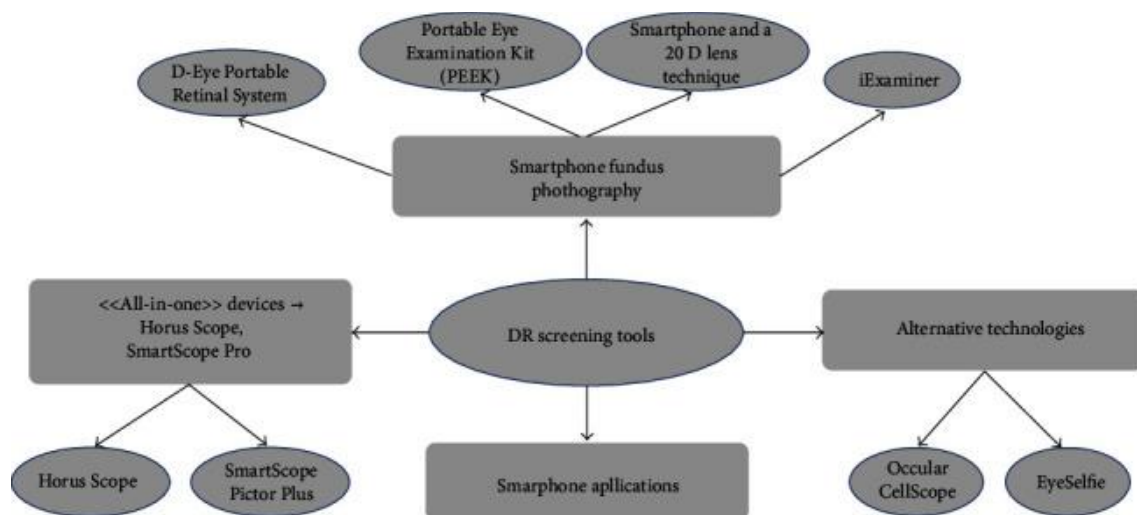


Figure 13. Approches de télémedecine pour le dépistage ou le diagnostic de la rétinopathie diabétique. (100)

On le voit, les dispositifs digitaux aident donc à améliorer les résultats à long terme tout en réduisant la charge de la maladie pour les patients. Pour autant, leur cycle de vie soulève également des inconvénients ainsi que des enjeux nouveaux : de l'encadrement de la conception à l'implémentation de ces derniers dans la prise en charge, des réglementations doivent encore être établies et des freins à l'utilisation, levés.

3.2. Les inconvénients de la e-santé

Ces risques sont de diverses natures avec des degrés de gravité là aussi variables. Comme cité au-dessus, la protection des données est au cœur des problématiques et de la régulation des dispositifs de e-santé. Les données de santé d'un individu, du fait de leur caractère sensible, requièrent un niveau de confidentialité plus important que n'importe quel autre type de donnée personnelle. La revente de ces dernières à une entité tiers est une inquiétude qui doit pouvoir être levée grâce à des mesures de sécurité encadrées.

3.2.1. Des acteurs issus de multiples secteurs

Le fait qu'une partie des acteurs de ce secteur ne soient pas issus directement du domaine de la santé comme vu en partie 1.15. soulève également des questionnements sur le développement et l'efficacité de ces produits.

Le défaut de validation clinique peut amener à une tromperie sur le bénéfice attendu et appelle là encore à un cadre juridique clair et précis.

Du point de vue des acteurs, la croissance est à l'image du marché, exponentielle. En 2017, on dénombrait 84 000 éditeurs dans le domaine des applications et objets connectés en santé. Ceux-ci se répartissent de la manière suivante selon leur nature (101) :

- 32% sont issus du secteur de la santé (hôpitaux, industries pharmaceutiques)
- 28% du marché appartient à des acteurs 100% digitaux
- 23% des éditeurs sont des entreprises qui ne proviennent pas du milieu de la santé
- 10% sont représentés par les institutions d'éducation tels les universités
- Le pourcentage restant est attribué à des compagnies de communication

Malgré leur nature variée, tous basent leurs produits et dispositifs sur le même principe : celui de collecter les données des patients, la matière première indispensable à leur fonctionnement.

3.2.2. La collecte des données, levier majeur de la santé connectée

Avec l'utilisation de dispositifs connectés, les patients produisent en permanence des données autrement appelés « data » et sont capturés par les fournisseurs. Ces données de santé sont un atout. En améliorant la capacité à les obtenir, à les analyser et à les traiter, il en résulte des outils digitaux qui améliorent la rapidité et la précision des prises de décisions. C'est aussi un moyen de faciliter le suivi et la surveillance des pathologies.

Mais le stockage et l'emmagasinement de telles données pour être utilisées en masses et partagées soulève des questions éthiques et des risques liés à leurs usages.

3.2.3. Les freins à l'usage du digital

La variété des outils digitaux est un atout mais aussi un frein à l'heure actuelle car l'absence d'interopérabilité entre ces derniers peut être une barrière à la prise en charge optimale de la pathologie par le patient (102).

Le coût d'investissement d'un smartphone peut-être un frein à l'emploi du digital. Aujourd'hui, on trouve des modèles divers et variés oscillant entre 150 et 1000€ voire plus. Si une bonne partie de la population en est équipé, il reste tout de même un écart dans les populations les plus âgées mais aussi dans les populations vivant dans des pays moins développés économiquement.

Il faut à cela ajouter le prix de l'application car toutes ne sont pas gratuites et leur tarif varie selon les cas.

La facilité d'usage de l'application est un facteur clé dans l'adoption de l'outil. Elle doit être adaptée au niveau de confort du patient avec la technologie et sa compréhension du digital. Cette facilité d'usage s'améliore généralement avec la pratique, il est donc recommandé au patient de tester une application sur plusieurs semaines permettant ainsi d'obtenir une fréquence d'utilisation (103).

Il a été démontré par ailleurs que chez les patients âgés de 50 ans et plus, la facilité d'usage se détériorait lorsque l'application offrait plus que 2 fonctionnalités (104).

Or c'est cet aspect multifonction qui doit davantage être intégré à l'avenir pour offrir un outil complet.

Peu d'applications ont été testées cliniquement et de ce fait, il est difficile pour le patient de savoir laquelle répondra au mieux à des critères de qualité qui sont eux même vaguement définis par les autorités. Il faut dire que n'importe qui peut se mettre à développer une application et la publier sur une plateforme de téléchargement (105).

Autre frein, la connexion Internet, indispensable à l'utilisation de l'outil dans la majorité des cas. Le patient est donc dépendant du déploiement du réseau qui est parfois inégal à l'échelle du territoire français (106).

Reviennent également les sujets de la sécurité et de la confidentialité des données. Enfin comme vu auparavant, les applications dans ce domaine sont nombreuses mais parmi elles, beaucoup se limitent à posséder une seule fonctionnalité. Le manque

d'options n'encourage pas le patient qui a des attentes plus élevées et souhaite disposer d'un outil qui soit optimisé au maximum (107).

Non-evidence based applications	- Thousands of applications - Not clinically relevant
Security and confidentiality	- Malware attack - Lose of personal data
Connectivity	- Slow and unreliable network (data) - Low signal strength and data transfer
Manual and limited data entry	- Not ease of use - Small buttons
Lack of key features	No clear dominating market leader
Difficulty in understanding the technology	Not technologically savvy
Programs too difficult to navigate (Small screen size)	- Too small text - Unclear graph - Poor color contrast

Tableau 4. Les facteurs barrières à l'usage d'applications pour gérer son diabète (107)

3.3. Assurer un développement encadré

3.3.1. Le cadre légal actuel

Si les dispositifs lourds et plus complexes à développer comme les pompes et stylos à insuline sont encadrés du fait de leur caractère de dispositif médical, le développement est davantage anarchique du côté des applications qui profite d'un cadre réglementaire vague et ne sont pas forcément soumis à une validation de leur contenu médical. Seuls les applications et objets connectés qui affichent clairement une finalité de dispositifs médicaux se voient d'ores et déjà placés dans un cadre réglementaire de certification (108). Mais comme nous l'avons vu en partie 1.1.5, les éditeurs d'applications sont de nature diverse avec des intérêts variés. Développer une application est aujourd'hui à la portée de tous et ne requiert pas l'expertise de société savante.

En France, la protection des données à caractère personnel s'applique lorsque les applis sont connectées à des serveurs est obligatoire et doit être conforme au RGPD et à la loi Informatique et Libertés (109). Ces données, si elles sont produites et hébergées dans le cadre d'une activité de soins, de prévention ou de diagnostic, doivent l'être chez un hébergeur agréé de données de santé.

Toutes les applications en santé ne sont des dispositifs médicaux (DM) ou des dispositifs médicaux de diagnostic in vitro (DM DIV). Ceux qui le sont doivent être marqués CE pour attester de leur conformité à la réglementation. Ils entrent alors dans le champ de surveillance de l'ANSM. Cependant ne sont pas concernés les applications pouvant être rangées dans les catégories suivantes :

- Celles destinées à l'observance, permettant de s'assurer de la bonne prise du traitement par le patient
- Celles ayant pour seule destination la communication de données sans fonction d'alertes auprès d'un médecin
- Celles destinées à être utilisées pour la pratique d'entraînements sportifs ou physiques, ou dont les fonctionnalités sont à finalité esthétique, de confort ou d'amélioration sportive
- Celles dont le résultat aboutirait à un diagnostic générique, pour un groupe de patients à visée statistique par exemple, ou pour une étude épidémiologique
- Celles ayant pour seule destination la gestion administrative comme le stockage, l'archivage, telle une base de données ou bibliothèque numérique intégrant des données et informations, mêmes si elles sont de nature médicale, sans les exploiter (110)

Cette réglementation facilite donc la mise sur le marché de toutes ces applications qui proposent au patient de l'aider dans sa gestion du diabète sans bénéficier de réelles preuves cliniques d'efficacité.

3.3.2. Instaurer un nouvel encadrement

Il reste donc encore beaucoup de chemin à parcourir, tant sur la fiabilité de ces applications, la pertinence de leur contenu et leur sécurité d'utilisation. Une étude menée par l'Université Technologique de Nanyang en 2018 sur près de 5168 applications a notamment relevé qu'une grande partie des applications d'autogestion du diabète ne comportaient pas de fonctions permettant d'améliorer l'observance et la sécurité de la prise de médicaments (62).

Car si les études cataloguant les applications et leurs fonctionnalités sont nombreuses, rares sont celles à s'intéresser à un aspect pourtant primordial : l'impact réel de ces

applications sur le comportement des patients. Mais quels seraient les éléments qui pourraient favoriser un bénéfice sur le long terme et une expérience utilisateur agréable ? Les éléments clés menant à l'auto-détermination se baseraient sur 3 besoins psychologiques de base selon une théorie : l'autonomie, la compétence et l'identification (111). Pour favoriser un engagement à long-terme du patient, les fonctionnalités des applications devraient faire appel à ces principes sans oublier la simplicité de l'outil. Une étude a été menée par SocialWellth, Inc en ce sens en 2017, réalisée avec un échantillon de 234 applications déterminant que pour l'utilisateur, une application de e-santé est valorisée lorsqu'elle permet d'économiser du temps en planifiant, lorsqu'elle permet le partage de données de façon simplifiée et permet de fournir des informations simples et spécifiques (112).

3.3.3. Prendre en compte l'acceptabilité des outils digitaux par le patient lors de la conception

3.3.3.1. La volonté, un prérequis nécessaire

Une étude de la BMC Health Services Research menée en 2016 a démontré que les patients diabétiques étaient davantage impliqués et volontaires dans le fait de s'auto-contrôler par rapport à des patients ayant une condition cardiovasculaire ou une bronchopneumopathie chronique obstructive. Le fait est que les patients diabétiques auraient plus facilement conscience que leur comportement influence directement leur santé et que donc agir sur leur nutrition, perte de poids et médication est important (113).

Autre influence en dehors de la pathologie en elle-même, son degré de contrôlabilité. Il a été démontré en 2016 par l'Université de Maastrich que les sujets diabétiques étaient les plus volontaires pour se monitorer au travers d'une étude réalisée sur 627 sujets (114). La volonté des patients de s'autocontrôler diffère grandement selon les types de maladies : les patients souffrant de diabète (71,0 % avec un score de contrôlabilité maximum établi à 3 par les experts), d'asthme (59,6 % avec un score de contrôlabilité établi à 2,6) et d'hypertension (59,1 % avec un score de contrôlabilité établi à 2,7) étaient les plus disposés à s'autocontrôler. (Voir Figure 14).

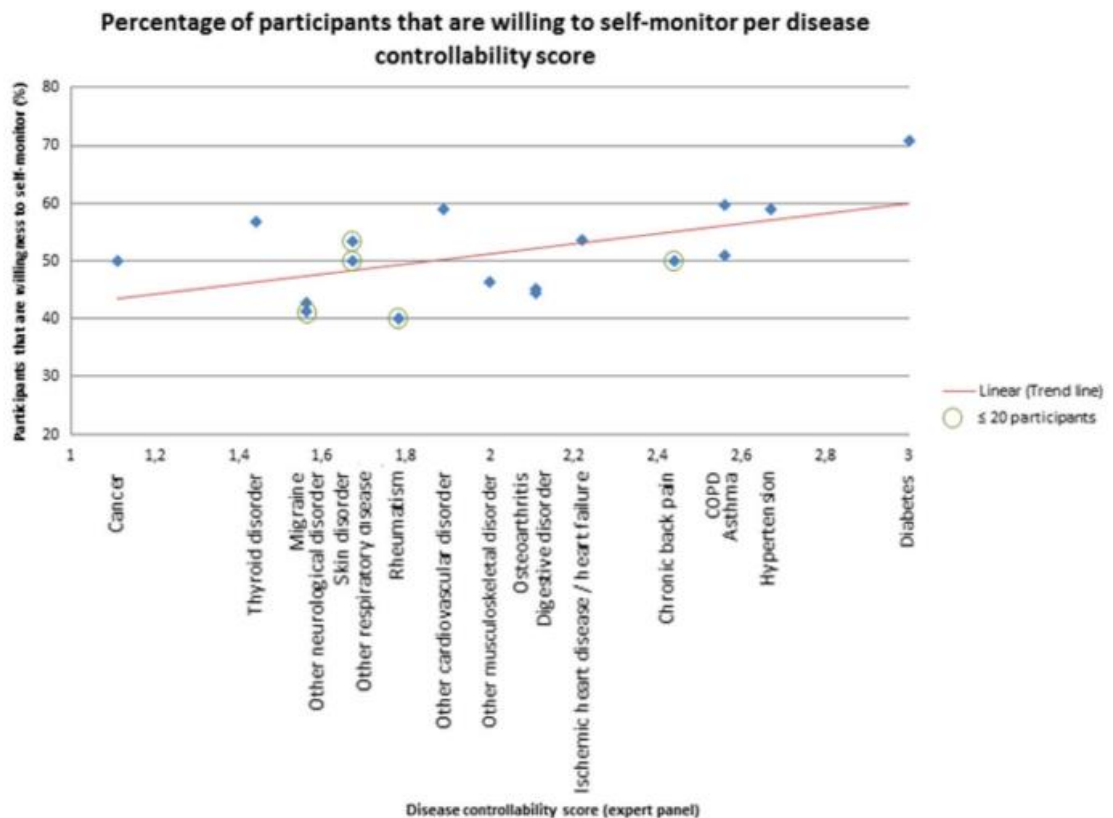


Figure 14. Pourcentage de participants volontaires pour s'auto-contrôler en fonction du score de contrôlabilité de la pathologie (114)

Un résultat qui chez les diabétiques est encore plus élevé si on isole les participants sous insuline : 95.1%.

Cette différence importante par rapports aux autres pathologies s'explique par le fait que dans le diabète, le self monitoring est une part essentielle de la prise en charge qui ne doit pas être négligée par le patient.

L'efficacité propre au patient ou « self efficacy » en anglais a aussi un rôle. De même que les bénéfices perçus par rapport aux coûts sont également un facteur clé selon le Health Belief Model. Les patients qui subissent des problèmes de santé plus lourds sont plus à même de percevoir les bénéfices du self monitoring et sont donc par conséquent plus volontaires.

La contrôlabilité de la pathologie, la sévérité des problèmes de santé et l'efficacité perçue par le patient suite au self-monitoring sont des facteurs importants qui jouent sur la volonté du patient à exercer cette activité sur le court et long terme. Cette volonté a été étudiée dans le modèle de l'acceptation de la Technologie.

3.3.4. Les Modèles d'acceptation de la Technologie

Concevoir des technologies auxquelles les utilisateurs s'intéresseront, qu'ils commenceront à utiliser et qu'ils continueront à utiliser est depuis longtemps un défi. Dans le domaine de la santé, la question de l'acceptation des technologies est encore plus importante, car le caractère éventuellement intrusif des technologies pourrait amener les patients à refuser de les essayer.

3.3.4.1. Le Modèle d'Acceptation de la Technologie

L'un des modèles reconnus et importants sur le sujet de l'adoption d'une technologie est le Modèle d'Acceptation de la Technologie (ou MAT). Ce dernier théorise la croyance selon laquelle la facilité d'utilisation perçue et l'intérêt perçue sont les principaux paramètres qui indiquent le futur niveau d'utilisation du patient. (115)

L'utilité perçue est l'attente d'un utilisateur selon laquelle le système sera utile dans sa tâche. La facilité d'utilisation perçue correspond à l'attente d'un utilisateur à ce que le système soit convivial et simple à prendre en main. Cette facilité influence l'utilité perçue.

Ces deux facteurs sont déterminants dans l'attitude envers l'utilisation qui elle-même va influencer l'intention comportementale d'utilisation. L'utilisation effective de la technologie est alors déterminée par cette intention comportementale d'utilisation comme le décrit le modèle ci-dessous.

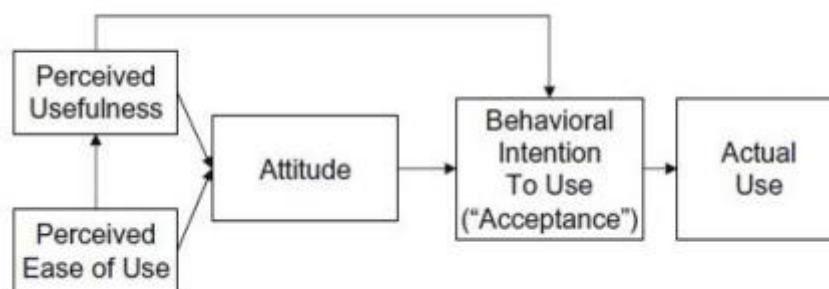


Figure 15. Technology of Acceptance Model (116)

Dans un examen de l'utilisation du MAT dans le domaine des soins de santé, Holden a constaté que le MAT était capable de prédire 30 à 70 % de la variance de l'intention

comportementale d'utilisation, ce qui peut être considéré comme raisonnablement élevé.

3.3.4.2. Théorie Unifiée de l'Acceptation et de l'Usage de la Technologie

La Théorie Unifiée de l'Acceptation et de l'Usage de la Technologie (ou TUAUT) ajoute 2 paramètres par rapport au MAT : l'influence sociale et les conditions favorables ajoutant ainsi des facteurs qui dépendent de l'environnement du patient (117) (voir Figure 16).

En effet, le TUAUT décrit quatre variables clés :

- Attente de performance (= Utilité perçue dans le MAT)
- Attente d'effort (= la facilité d'utilisation dans le MAT)
- L'influence sociale
- Les conditions favorables.

L'influence sociale est définie comme le degré auquel un utilisateur perçoit que d'autres personnes importantes croient qu'il ou elle devrait utiliser le nouveau système. Les conditions favorables sont définies comme le degré auquel un utilisateur croit qu'il existe une infrastructure organisationnelle et technique permettant d'utiliser le nouveau système.

Dans le TUAUT, l'intention comportementale d'utiliser la technologie est déterminée par l'attente de performance, l'attente d'effort et l'influence sociale. L'utilisation réelle est ensuite déterminée par l'intention comportementale d'utilisation et les conditions de facilitation. Sexe, âge, expérience et le caractère volontaire de l'utilisation modèrent l'impact des variables clés sur l'intention et le comportement d'utilisation.

L'étude de validation originale du TUAUT a montré que ce modèle était capable d'expliquer 70 % de la variance de l'intention comportementale, ce qui indique un pouvoir prédictif élevé.

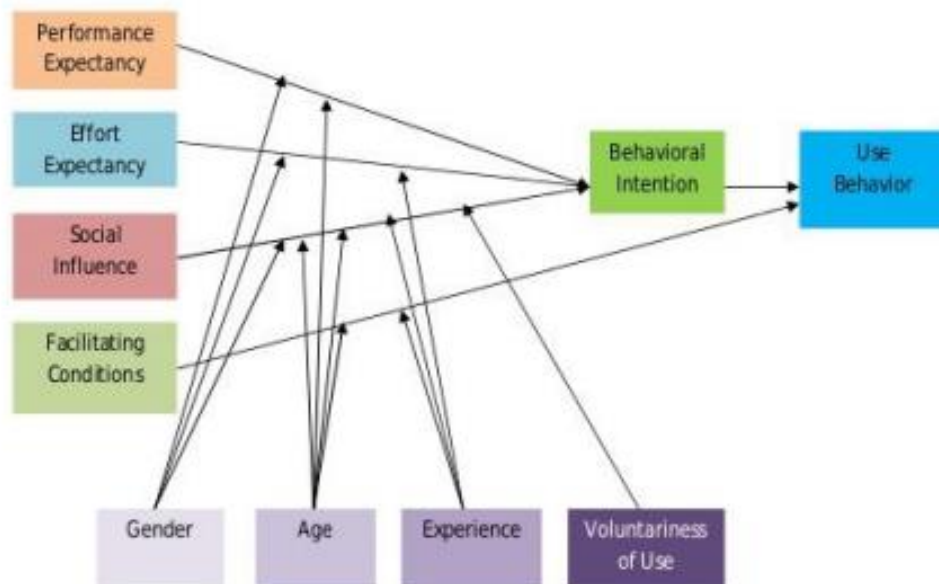


Figure 16. Schéma du Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (118)

Dans le cas du diabète, les buts et paramètres sont plus concrets que dans le cas d'autres pathologies (ex : cancers).

3.3.4.3. Technology Acceptance Lifecycle

Le TAL consiste en une échelle de temps permettant d'ancrer les définitions de l'acceptation dans le processus global mettant ainsi en évidence la nature évolutive de l'acceptation de la technologie à travers les différentes étapes du parcours de l'utilisateur.

La temporalité du TAL illustré par la Figure 17 se définit comme suit :

- Acceptabilité avant utilisation
- Acceptation lors de l'utilisation initiale
- Acceptation lors d'une l'utilisation soutenue. C'est à ce moment que l'utilisateur atteint le point d'adoption de la technologie (119)

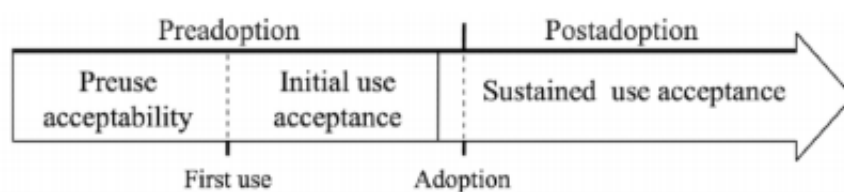


Figure 17. La terminologie de l'acceptation d'une technologie au cours du temps (119)

Ces notions doivent être une base commune à tout organisme qui souhaite intervenir dans la gestion d'une pathologie au travers d'une application. L'intervention de professionnels de santé devraient également être à minima un prérequis pour bénéficier d'une expertise sur le sujet ainsi que la prise en compte d'associations de patients afin de partager leur retour d'expérience et leur ressenti sur le produit et sa future utilité dans leur quotidien.

Les conclusions d'une étude réalisée en 2017 ont montré que la conception des applications mobiles sur le diabète était davantage axée sur des fonctions de rappels plutôt que sur l'apport d'une éducation personnalisée ou d'un soutien thérapeutique. À l'avenir, la conception des applications pourrait être améliorée pour intégrer les besoins des patients, la facilité d'utilisation pour la gestion de la maladie et les modifications du mode de vie (120).

Car, une fois disponible, l'autre enjeu se situe désormais côté patient : comment parvenir au meilleur choix ?

3.4. Permettre au patient de s'y retrouver

Devant cette offre pléthorique dont dispose le patient, comment le diriger vers les solutions adéquates ? Nombreux sont ceux qui se contentent d'une simple recherche Google pour se faire leur avis. Comme expliqué dans une recherche publiée en 2019, sur les quatre premiers résultats affichés et qui proposent un classement d'applications, 3 articles ne détaillent cependant pas les critères justifiant leur podium (121).

Lorsqu'un professionnel de santé recommande l'usage d'une application, il est responsable du choix qu'il va conseiller et doit donc s'assurer de la pertinence de son choix tout en respectant le principe d'indépendance vis-à-vis de la société qui commercialise (122). Le professionnel de santé est donc amené et doit accompagner le patient dans l'exploration des outils digitaux afin qu'ils prennent conscience qu'une application à elle seule ne suffit pas pour gérer sa pathologie au quotidien (123). Ainsi il serait pertinent à l'avenir que les institutions de santé travaillent davantage en collaboration avec des associations de patients pour éditer des listes claires et compréhensives sur le sujet et ainsi guider au mieux la population diabétique dans cet environnement.

L'organisme DMD Santé s'était ainsi donné cette mission en créant le premier label français pour certifier la valeur médicale des applis santé, et leur respect de la législation. Il avait notamment édité un guide des applications mobiles dédiées au diabète, relayé notamment par le CEED. DMD Santé ayant fermé depuis, la ressource n'est dès lors plus accessible (124).

Pour mieux comprendre, l'usage du digital des patients diabétiques, une étude a été menée au sein d'un hôpital néo-zélandais. 20% des patients ont confirmé qu'ils utilisaient une application avec comme fonctionnalité préférée le suivi journalier de la glycémie. Côté professionnel de santé, 60% d'entre eux s'accordaient à recommander l'utilisation d'une application qui selon eux peuvent s'avérer fort utiles justement dans le suivi de la glycémie mais aussi le suivi des taux de carbohydrates. Cependant ces derniers étaient plus réticents dans les fonctionnalités de dosage de l'insuline (125).

Au-delà des aspects fonctionnels, il existe aussi des aspects techniques que le patient doit prendre en compte. Les ressources disponibles ne sont pas les mêmes selon que l'on soit sous Apple ou Android, sur le continent américain ou européen ou tout simplement selon la langue parlée. Malgré la large variété d'applications disponibles, rares sont celles qui couvrent toutes les fonctionnalités importantes et qui fournissent des informations provenant de sources fiables comme le démontre cette figure (126) :

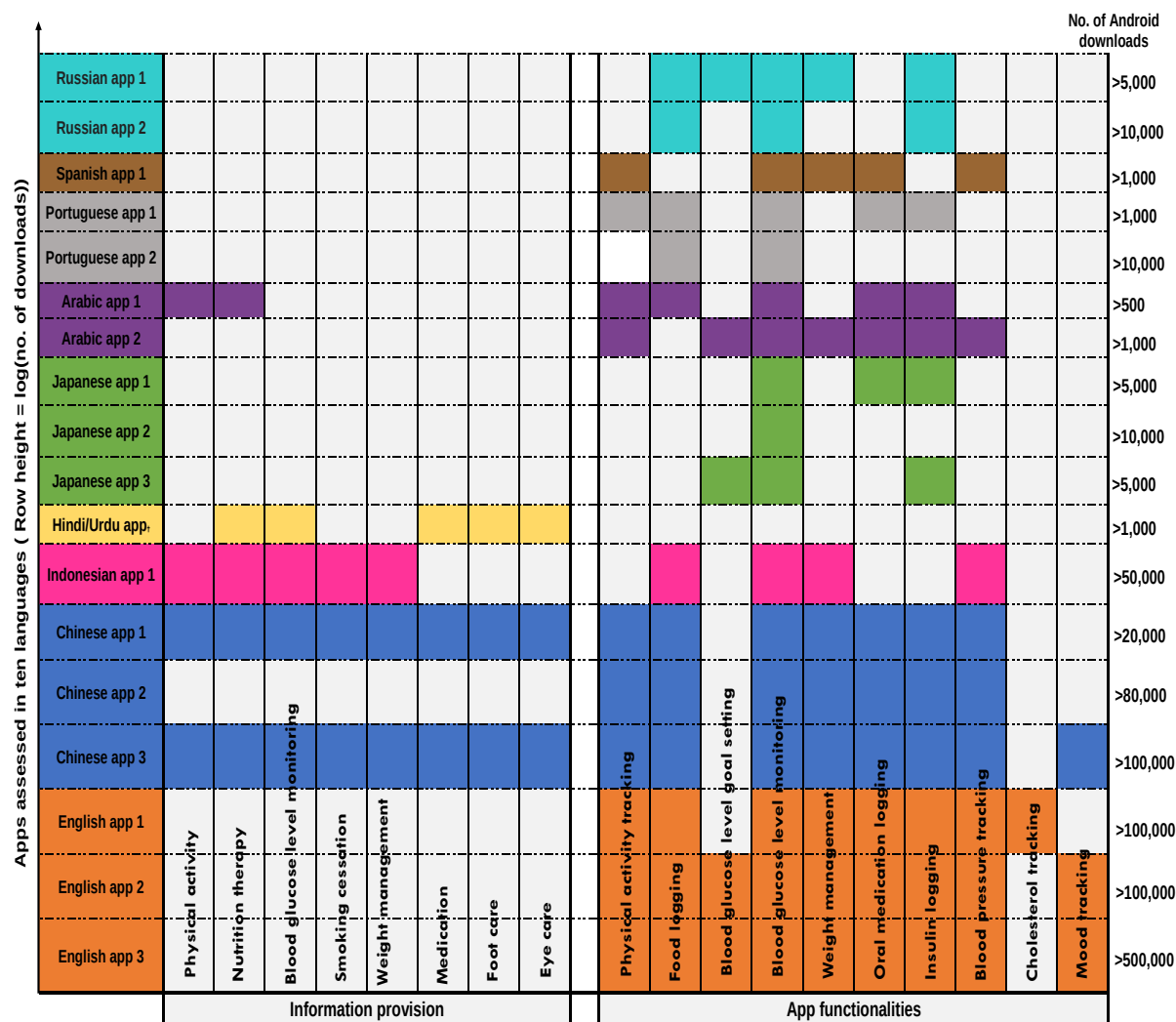


Figure 18. Profil d'applications évaluées en dix langues par rapport à une liste de points clés issus des guidelines cliniques de l'American Diabetes Association (126)

Les facteurs à prendre en compte pour savoir si l'on doit recommander ou non à un patient diabétique une application de e-santé sont multiples. La facilité d'usage, le coût, les fonctionnalités de l'application sont autant de points à aborder afin de guider au mieux la personne diabétique (127).

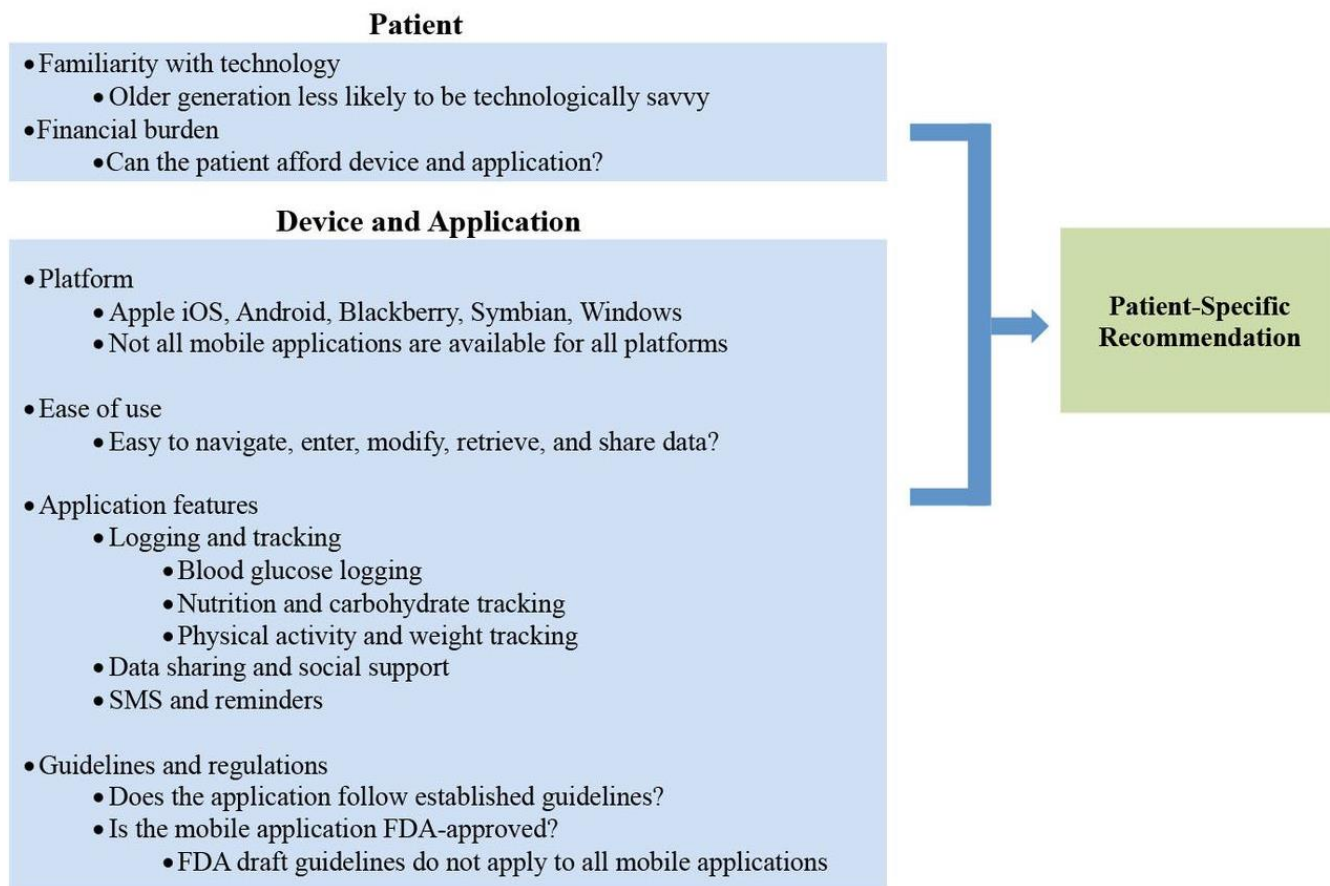


Figure 19. Facteurs déterminant la recommandation ou non d'une application à destination du patient diabétique (127)

En 2021, la Haute Autorité de Santé a publié sa 1^{ère} classification des solutions numériques utilisées en santé (128). Elle répartit ces outils en 4 catégories selon leur finalité comme suit :

- Niveau A : Services support aux patients, aux aidants ou aux professionnels dans le cadre de soins ou d'optimisation du parcours de soins ou de gestion médico/socio-administrative sans action directe sur la santé des patients
- Niveau B : Information générale de l'utilisateur non personnalisée sur les conditions de vie, les règles hygiéno-diététiques, les pathologies/handicaps ou tout état de santé (au sens large du terme), les parcours de santé, de soins ou de vie, etc. Fournit également des supports ou outils de formation aux professionnels de santé.
- Niveau C : Aide à la vie, à la prévention, au dépistage, au diagnostic, à l'observance, à la surveillance ou au traitement d'une pathologie, d'un état de

santé ou dans le cadre d'une situation de handicap, sans autonomie de la solution numérique dans la gestion de la décision thérapeutique.

- Niveau D : Gestion autonome de la décision après analyse des données et diagnostic afin d'ajuster automatiquement, le traitement à administrer, sans intervention humaine.

Cette grille n'est cependant émise qu'à titre de recommandation et doit encore intégrer de nombreux paramètres (réglementaires, techniques et économiques) pour pouvoir être utilisée comme référence à l'échelle française ou européenne.

DISCUSSION

Le digital se développe de manière exponentielle, il y a donc urgence à agir et à montrer la voie vers un développement centré sur le patient. Le développement des smartphones et de l'accès à internet favorise le déploiement des applications en santé. Ces informations transmises aux patients sur leur propre pathologie chronique tel que le diabète, devraient rester dans une approche multidisciplinaire. Il est nécessaire que ces applications soient complémentaires aux autres outils de prise en charge proposé par le professionnel de santé. Cet accompagnement du patient par le professionnel de santé vers la digitalisation de leur diabète permettra l'assurance d'une transmission d'informations correctes et vérifiées au patient.

Accorder plus d'importance à la conception de ces outils et à l'ajout de fonctions de gestion des médicaments dans les applications pour le diabète pourrait ainsi permettre d'améliorer leur alignement sur les meilleures pratiques fondées sur des données probantes.

Pour maximiser leur impact dans la prise en charge des patients, il devrait également être primordial que les éditeurs et fabricants prennent en compte dès la conception de la future acceptabilité du patient de l'outil.

Il sera cependant nécessaire de développer, au-delà de la seule déclaration de conformité, une évaluation scientifique des solutions qui s'inscrivent dans le parcours de soins et dans l'exercice de la télémédecine, évaluation neutre et menée par des experts sans lien d'intérêt avec les fournisseurs. Pour cela, la e-santé a trois axes à améliorer.

Dans un premier temps, accroître l'adoption du digital par les professionnels de santé et les patients passe par un renforcement nécessaire des règles et guidelines établies par les autorités régulatrices. Les freins à l'emploi de cette technologie pourraient pour la plupart être résolues en impliquant les associations de patients dans le processus de développement de ces applications. Ainsi, une relation de confiance s'installerait vis-à-vis de ces outils, de leur contenu et du patient consommateur du produit. Comme évoqué en partie 3, l'industrie de la e-santé se doit d'adopter des standards si elle veut davantage s'imposer et offrir plus de transparence sur la pertinence clinique de ces produits et permettre à tous d'accéder de façon juste à des outils fournissant des informations claires et véridiques.

En effet, cette croissance à grande vitesse entraîne également une variété de plus en plus grande de ces outils digitaux. Le futur est déjà là avec des perspectives inédites comme :

- Le développement de chaussettes intelligentes pour surveiller la température du pied et prévenir les inflammations et ulcères du patient diabétique (129)
- Les Mini ECG portable (130)
- La perspective de la lecture de la glycémie au laser (131)

Dans un second temps, la digitalisation de la prise en charge des patients diabétiques apporte son lot d'enjeux et de problématiques juridiques auxquelles les instances de santé et les décideurs doivent remédier rapidement. Le fossé séparant la classification entre une application mobile et un dispositif médical étant vaste, il serait judicieux de la part des autorités de se pencher dessus en créant un organisme de contrôle dédié à ce pan spécifique. Etablir des guidelines et obligations sur le contenu et la mise à disposition du produit, à commencer par la consultation systématique des associations de patients et l'intégration de professionnels de santé à la conception doivent être une priorité. De même que de s'assurer des effets cliniques positifs et suffisants avant la commercialisation sur les boutiques d'applications en ligne. C'est une nécessité que de réaliser des études sur de larges échantillons pour vérifier la sécurité et l'intérêt de ces dispositifs ainsi que le bénéfice par rapport aux modèles de prises en charge actuels.

L'intelligence artificielle a introduit un changement de paradigme dans la prise en charge du diabète faisant évoluer cette dernière d'une stratégie de management conventionnel vers un modèle de prise en charge ciblée grâce à la data (132).

Ce qui nous amène au dernier axe à améliorer : la sécurisation des données des patients. La data est la spécialité des GAFAM autrement dit Google, Apple, Facebook, Amazon et Microsoft. Ces géants américains de la tech dominent le marché du numérique et sont de plus en plus puissants en s'imposant dans nos modes de vies. Des milliards d'utilisateurs utilisent leurs services dont la régulation par les autorités est de plus en plus complexe. Face au marché lucratif de la e-santé et leur position avantageuse, elles se lancent elle aussi dans cet eldorado. Annonce de Pharmacies Amazon aux US, développement d'algorithmes chez Google... Apple a quant à lui déposé un brevet pour son dispositif Apple Watch qui pourrait à l'avenir mesurer la

glycémie de manière non invasive grâce à une nouvelle technologie baptisée photonics (133).

Cette incursion par ces acteurs devrait amener encore de nouveaux bouleversements que ce soit en termes d'innovation mais également en termes de libertés numériques fondamentales... Heureusement, des groupes d'études commencent à se mettre en place afin de pouvoir mieux analyser les termes et conditions qu'impliquent l'usage de ces outils (134).

Le digital est amené à rester dans nos vies. Il est donc nécessaire désormais que les instances régulatrices anticipent ces technologies pour en limiter les dérives et permettent à n'importe quel patient de s'assurer de l'authenticité et de la sécurité d'un outil digital intégré à sa prise en charge (134).

CONCLUSION

La e-santé s'est aujourd'hui démocratisée et offre de nouvelles possibilités pour les patients atteints de maladie chronique. Touchant près d'une personne sur 11, le diabète est une pathologie impactante sur le mode de vie qui requiert une assiduité importante des patients dans la prise de leurs traitements, la gestion autonome étant la pierre angulaire de ces soins. Cependant, la nature silencieuse et le caractère imprévisible des symptômes du diabète de type 2 sont des obstacles majeurs lorsqu'il s'agit d'encourager les patients à modifier leur comportement et d'inciter les prestataires de soins à prendre des décisions thérapeutiques. Aujourd'hui, les solutions digitales sont suffisamment développées pour offrir un large choix d'outils d'accompagnement et de prévention adapté à chaque patient : Stylos et pompes à insuline connectés, applications pour smartphone, Intelligence artificielle dans le diagnostic de la rétinopathie diabétique... Le digital a su s'imposer en diabétologie à la fois dans la prévention, les soins au quotidien et à la recherche (Figure 20).

Mais il existe encore des problématiques importantes qui doivent être traitées. Avec la pandémie de la COVID-19, la présence du digital s'est faite d'autant plus forte et les investissements dans ce domaine devraient perdurer en ce sens. Assurer un développement de ces outils davantage encadré ainsi que permettre au patient de mieux s'y retrouver aideront à lever les freins et barrières à l'utilisation du digital.

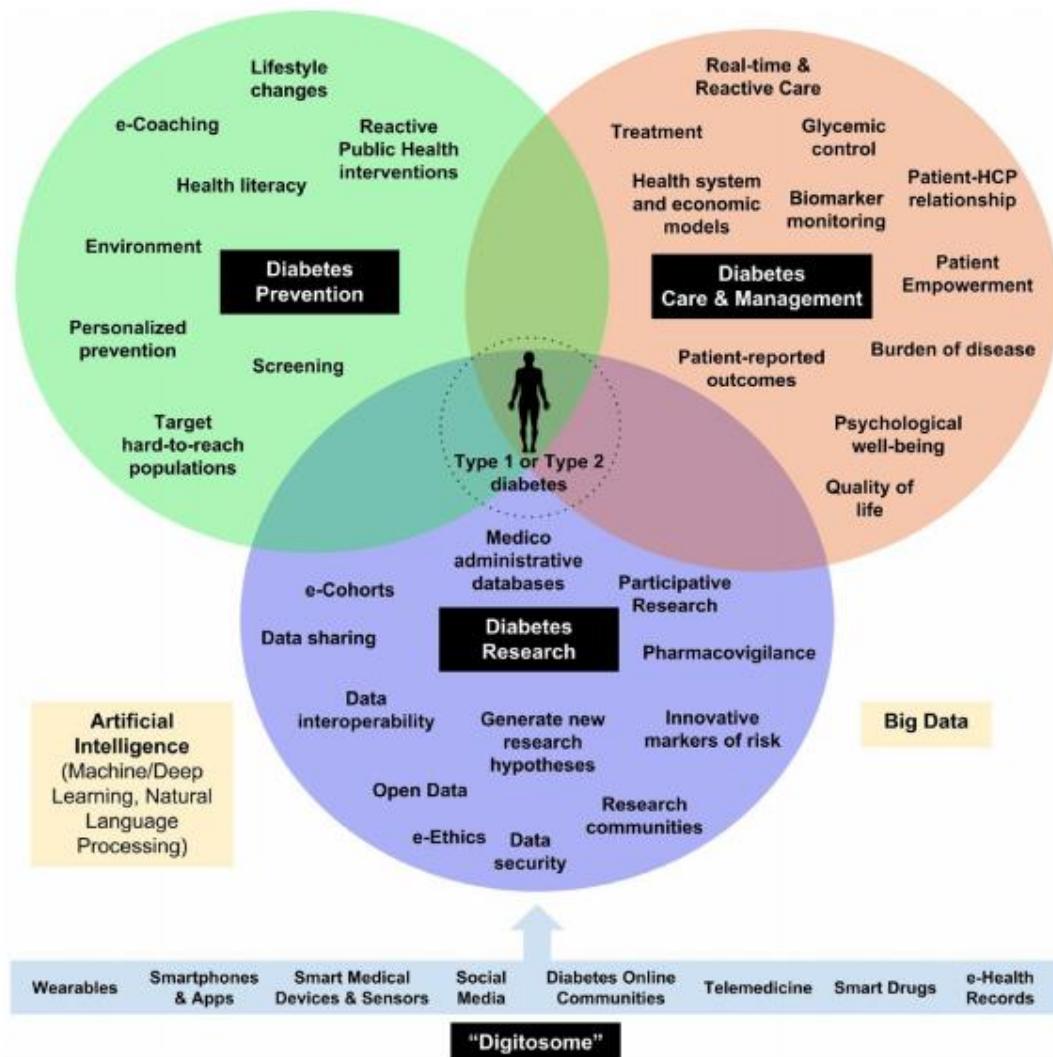


Figure 20. Schéma conceptuel du digitosome chez le patient diabétique (135)

BIBLIOGRAPHIE

1. Alba IGF de, Gimeno-Miguel A, Poblador-Plou B, Gimeno-Feliu LA, Ioakeim-Skoufa I, Rojo-Martínez G, et al. Association between mental health comorbidity and health outcomes in type 2 diabetes mellitus patients. *Sci Rep* [Internet]. 2020 Dec 1 [cited 2021 Sep 18];10(1).
2. International Diabetes Federation, Worldwide toll of diabetes 9th Edition 2019 [Internet]. [cited 2021 Sep 18].
3. Zeeb H, Pigeot I, Schüz B. Digital public health—an overview. [Internet]. 2020 Feb 1 [cited 2021 Sep 20];63(2):137–44.
4. WHO, Diabetes April 2021 [Internet]. [cited 2021 Sep 21].
5. Randell B. Turing and the origins of digital computers. *Turing Guid*. 2017 Jan 26; [cited 2020 Jun 9]
6. J. Presper Eckert and John Mauchly | Lemelson [Internet]. [cited 2021 Aug 13].
7. IBM - Archives - History of IBM - United States [Internet]. [cited 2021 Aug 13].
8. Ducrey V, Vivier E. *Le Guide de la Transformation Digitale*. 2ème. 2019. [cited 2020 Jun 9]
9. Wortmann F, Flü K. *Internet of Things Technology and Value Added*, 2015 [cited 2021 Aug 13].
10. *Handbook of Research on Electronic Collaboration and Organizational Synergy*. *Handb Res Electron Collab Organ Synerg*. 2010 May 24;
11. Haute Autorité de Santé - E-santé [Internet]. [cited 2020 Jun 9].
12. Conseil National de l'Ordre des Médecins. *Santé Connectée: Le Livre Blanc du Conseil national de l'Ordre des médecins* [Internet]. 2015. [cited 2021 Aug 12]
13. Fung V, Ortiz E, Huang J, Fireman B, Miller R, Selby J V., et al. Early experiences with e-health services (1999-2002): Promise, reality, and implications. *Med Care* [Internet]. 2006 May [cited 2021 Sep 21];44(5):491–6.
14. 2010 Opportunities and developments Report on the second global survey on eHealth Global Observatory for eHealth series-Volume 2 TELEMEDICINE in Member States. 2010; [cited 2021 Aug 13]
15. HAS. *LA E-SANTÉ & LA M-SANTE* [Internet] [cited 2021 Aug 13];
16. Dalrymple PW, Rogers M, Zach L, Luberti A. Understanding Internet access and use to facilitate patient portal adoption. *Health Informatics J* [Internet]. 2018 Dec 1 [cited 2021 Sep 21];24(4):368–78.
17. Eichenberg C, Hübner L. *Self-Medication, Health and Online Orders: An Online*

- Survey [Internet]. 2017 Feb 1 [cited 2021 Sep 21];79(2):80–5.
18. Is healthtech triggering a rise in self-diagnosis? [Internet]. [cited 2021 Sep 21].
 19. Goyal S, Morita P, Lewis GF, Yu C, Seto E, Cafazzo JA. The Systematic Design of a Behavioural Mobile Health Application for the Self-Management of Type 2 Diabetes. *Can J Diabetes*. 2016 Feb 1;40(1):95–104. [cited 2021 Jul 5]
 20. Digital Health Market | Demand Analysis Report, 2030 [Internet]. [cited 2021 Aug 13].
 21. eHealth Market Size & Share | Global Industry Report, 2022 [Internet]. [cited 2021 Aug 13].
 22. European Parliamentary Research Service. The rise of digital health technologies during the pandemic, 2021 [cited 2021 Aug 13]
 23. research2guidance - Top 3 therapy fields with the best market potential for digital health apps [Internet]. [cited 2021 Sep 21].
 24. International Diabetes Federation. L'atlas du diabète de la fid 9. 2019. [cited 2021 Jul 5]
 25. OMS. Rapport Mondial [Internet]. Organisation mondiale de la Santé. 2016. [cited 2021 Jul 5]
 26. Fosse-Edorh Sandrine, Mandereau-Bruno Laurence PC. Le poids du diabète en France en 2016. Synthèse épidémiologique. *Santé publique Fr* [Internet]. 2018;8. [cited 2021 Jul 15]
 27. Maahs DM, West NA, Lawrence JM, Mayer-Davis EJ. Epidemiology of type 1 diabetes [Internet]. Vol. 39, *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America*. NIH Public Access; 2010 [cited 2020 Sep 2]. p. 481–97.
 28. Noble JA, Valdes AM. Genetics of the HLA region in the prediction of type 1 diabetes. *Curr Diab Rep*. 2011;11(6):533–42. [cited 2021 Jul 15]
 29. Risk Factors for Type 2 Diabetes | NIDDK [Internet]. [cited 2020 Sep 2].
 30. Röder P V., Wu B, Liu Y, Han W. Pancreatic regulation of glucose homeostasis. *Exp Mol Med*. 2016;48(December 2015):e219. [cited 2021 Jul 19]
 31. Longnecker D. Anatomy and Histology of the Pancreas. *Pancreapedia Exocrine Pancreas Knowl Base* [Internet]. 2014;1–26. [cited 2021 Jul 19]
 32. La glycémie | Fédération Française des Diabétiques [Internet]. [cited 2021 Oct 11].
 33. Mayer JP, Zhang F, DiMarchi RD. Insulin structure and function [Internet]. Vol. 88, *Biopolymers - Peptide Science Section*. Biopolymers; 2007 [cited 2021 Oct 11]. p. 687–713.

34. Kerner W, Brückel J. Definition, Classification and Diagnosis of Diabetes Mellitus. *Exp Clin Endocrinol Diabetes* [Internet]. 2014 Jul 11 [cited 2021 Oct 11];122(07):384–6.
35. Hémoglobine glyquée : mise au point et nouveautés - *Revue Médicale Suisse* [Internet]. [cited 2020 Sep 2].
36. Zaccardi F, Webb DR, Yates T, Davies MJ. Pathophysiology of type 1 and type 2 diabetes mellitus: A 90-year perspective [Internet]. Vol. 92, *Postgraduate Medical Journal. The Fellowship of Postgraduate Medicine*; 2016 [cited 2021 Oct 11]. p. 63–9.
37. Mathieu C, Gillard P, Benhalima K. Insulin analogues in type 1 diabetes mellitus: Getting better all the time [Internet]. Vol. 13, *Nature Reviews Endocrinology. Nat Rev Endocrinol*; 2017 [cited 2021 Oct 11]. p. 385–99.
38. Flory J, Lipska K. Metformin in 2019 [Internet]. Vol. 321, *JAMA - Journal of the American Medical Association. JAMA*; 2019 [cited 2021 Oct 11]. p. 1926–7.
39. Buysschaert M. Les sulfamidés hypoglycémisants en 2018: généralités et spécificités. *Louvain med* 2018; 137 (1) [cited 2021 Aug 13]
40. Haute Autorité de Santé - Médicaments du diabète de type 2 : la HAS actualise son évaluation des gliflozines [Internet]. [cited 2021 Oct 11].
41. Cole JB, Florez JC. Genetics of diabetes mellitus and diabetes complications [Internet]. Vol. 16, *Nature Reviews Nephrology. Nat Rev Nephrol*; 2020 [cited 2021 Oct 11]. p. 377–90.
42. Haute Autorité de Santé. Stratégie médicamenteuse du contrôle glycémique du diabète de type 2 [Internet]. [cited 2020 Sep 2].
43. Economic Costs of Diabetes in the U.S. in 2017. *Diabetes Care* [Internet]. 2018 May 1 [cited 2021 Aug 13];41(5):917–28.
44. World Health Organization. Adherence to Long-Term Therapies: Evidence for action. Vol. 30. 2013. [cited 2021 Sep 2021]
45. Hampai DH, Schneider MP, Bugnon O, Herzig L. Adhésion thérapeutique du patient chronique : Des concepts à la prise en charge ambulatoire. *Rev Med Suisse*. 2013;9(386):1032–6. [cited 2021 Sep 21]
46. Lamouroux A, Magnan A, Vervloet D. Compliance , observance ou adhésion thérapeutique : de quoi parlons-nous ? 2020;31–4. [cited 2021 Sep 21]
47. Questionnaire Girerd [Internet]. [cited 2021 Sep 21].
48. Costagliola D, Barberousse C. Comment mesurer l'observance ? J des acteurs la lutte contre le sida. 2001;8(4):33–42.
49. Huygens MWJ, Swinkels ICS, de Jong JD, Heijmans MJWM, Friele RD, van

- Schayck OCP, et al. Self-monitoring of health data by patients with a chronic disease: does disease controllability matter? *BMC Fam Pract* 2017 181 [Internet]. 2017 Mar 20 [cited 2021 Aug 13];18(1):1–10.
50. Cramer JA. A Systematic Review of Adherence with Medications for Diabetes [Internet]. Vol. 27, *Diabetes Care*. Diabetes Care; 2004 [cited 2021 Sep 15]. p. 1218–24.
 51. Krass I, Schieback P, Dhippayom T. Adherence to diabetes medication: A systematic review [Internet]. Vol. 32, *Diabetic Medicine*. Diabet Med; 2015 [cited 2021 Sep 15]. p. 725–37.
 52. Grégoire J, Philis MG. The nutritional education of patients with diabetes [Internet]. Vol. 62, *Soins*. Soins; 2017 [cited 2021 Oct 11]. p. 19–23.
 53. Hernández Ruiz de Eguila M, Batlle MA, Martínez de Morentin B, San-Cristóbal S, Pérez-Díez S, Navas-Carretero S, Martínez JA al. Alimentary and lifestyle changes as a strategy in the prevention of metabolic syndrome and diabetes mellitus type 2: milestones and perspectives. *An Sist Sanit Navar* [Internet]. 2016 Aug [cited 2021 Oct 11];39(2).
 54. Kirwan JP, Sacks J, Nieuwoudt S. The essential role of exercise in the management of type 2 diabetes [Internet]. Vol. 84, *Cleveland Clinic journal of medicine*. Cleve Clin J Med; 2017 [cited 2021 Oct 11]. p. S15–21.
 55. • Smartphone users worldwide 2020 | Statista [Internet]. [cited 2020 Sep 3].
 56. The Growing Value of Digital Health - IQVIA [Internet]. [cited 2020 Sep 3].
 57. Martínez-Pérez B, De La Torre-Díez I, López-Coronado M. Mobile health applications for the most prevalent conditions by the world health organization: Review and analysis [Internet]. Vol. 15, *Journal of Medical Internet Research*. JMIR Publications Inc.; 2013 [cited 2020 Sep 3].
 58. Accenture. Meet Today's Healthcare Team: Patients + Doctors + Machines.
 59. Gluci-Chek : comptez les glucides et gérez votre diabète [Internet]. [cited 2021 Sep 15].
 60. Spring B, Duncan JM, Janke EA, Kozak AT, McFadden HG, Demott A, et al. Integrating technology into standard weight loss treatment a randomized controlled trial. *JAMA Intern Med* [Internet]. 2013 Jan 28 [cited 2020 Sep 8];173(2):105–11.
 61. Eiland L, McLarney M, Thangavelu T, Drincic A. App-Based Insulin Calculators: Current and Future State [Internet]. Vol. 18, *Current Diabetes Reports*. Curr Diab Rep; 2018 [cited 2021 Sep 6].
 62. Huang Z, Lum E, Jimenez G, Semwal M, Sloot P, Car J. Medication

- management support in diabetes: a systematic assessment of diabetes self-management apps. BMC Med [Internet]. 2019 Jul 17 [cited 2021 Sep 15];17(1).
63. Kroon L. Overview of insulin delivery pen devices [Internet]. Vol. 49, Journal of the American Pharmacists Association. J Am Pharm Assoc (2003); 2009 [cited 2021 Oct 11].
 64. Gildon BW. InPen smart insulin pen system: Product review and user experience. Diabetes Spectr [Internet]. 2018 Nov 1 [cited 2021 Oct 11];31(4):354–8.
 65. Adolfsson P, Hartvig NV, Kaas A, Møller JB, Hellman J. Increased Time in Range and Fewer Missed Bolus Injections after Introduction of a Smart Connected Insulin Pen. Diabetes Technol Ther [Internet]. 2020 Oct 1 [cited 2021 Oct 11];22(10):709–18.
 66. Gomez-Peralta F, Abreu C, Gomez-Rodriguez S, Ruiz L. Insulclock: A novel insulin delivery optimization and tracking system. Diabetes Technol Ther [Internet]. 2019 Apr 1 [cited 2021 Oct 11];21(4):209–14.
 67. Nimri R, Nir J, Phillip M. Insulin Pump Therapy. Am J Ther [Internet]. 2020 Jan 1 [cited 2021 Oct 11];27(1):E30–41.
 68. Ilunga RM, Camponovo C, Le Dizès O, Wojtuszczyński A. Insulin pump treatment : For whom and how to set it up on an outpatient ? [Internet]. Vol. 16, Revue Medicale Suisse. Rev Med Suisse; 2020 [cited 2021 Oct 11]. p. 1191–6.
 69. Luijck YM, Arnolds S, Avogaro A, Benesch C, Bruttomesso D, Farret A, et al. Patch Pump Versus Conventional Pump: Postprandial Glycemic Excursions and the Influence of Wear Time. Diabetes Technol Ther [Internet]. 2013 Jul 1 [cited 2021 Sep 6];15(7):575.
 70. Cappon G, Vettoretti M, Sparacino G, Facchinetti A. Continuous glucose monitoring sensors for diabetes management: A review of technologies and applications. Diabetes Metab J [Internet]. 2019 Aug 1 [cited 2021 Oct 11];43(4):383–97.
 71. Rodbard D. Continuous glucose monitoring: A review of recent studies demonstrating improved glycemic outcomes. Diabetes Technol Ther [Internet]. 2017 Jun 1 [cited 2021 Oct 11];19(S3):S25–37.
 72. Ang E, Lee ZX, Moore S, Nana M. Flash glucose monitoring (FGM): A clinical review on glycaemic outcomes and impact on quality of life [Internet]. Vol. 34, Journal of Diabetes and its Complications. J Diabetes Complications; 2020 [cited 2021 Oct 11].
 73. Bidonde J, Fagerlund BC, Fronsdaal KB, Lund UH, Robberstad B. NIPH

- Systematic Reviews. Freest Libr Flash Glucose Self-Monitoring Syst A Single-Technology Assess [Internet]. 2017 [cited 2021 Oct 11];
74. Vergier J. Flash Glucose Monitoring : le point de vue des enfants diabétiques. Retour d'expérience de neuf centres français de diabétologie pédiatrique. [cited 2021 Jul 21];
 75. Johnson ML, Martens TW, Criego AB, Carlson AL, Simonson GD, Bergenstal RM. Utilizing the Ambulatory Glucose Profile to Standardize and Implement Continuous Glucose Monitoring in Clinical Practice. *Diabetes Technol Ther* [Internet]. 2019 Jun 1 [cited 2021 Oct 11];21(S2):S2-17-S2-25.
 76. Matthaei S, DeAlaiz RA, Bosi E, Evans M, Geelhoed-Duijvestijn N, Joubert M. Consensus recommendations for the use of Ambulatory Glucose Profile in clinical practice. *Br J Diabetes* [Internet]. 2014 Nov 24 [cited 2021 Jul 21];14(4):153–7.
 77. Heinemann L, Freckmann G. CGM versus FGM; or, continuous glucose monitoring is not flash glucose monitoring [Internet]. Vol. 9, *Journal of Diabetes Science and Technology*. J Diabetes Sci Technol; 2015 [cited 2021 Sep 3]. p. 947–50.
 78. Hanaire H, Franc S, Borot S, Penfornis A, Benhamou PY, Schaepelynck P, et al. Efficacy of the Diabeloop closed-loop system to improve glycaemic control in patients with type 1 diabetes exposed to gastronomic dinners or to sustained physical exercise. *Diabetes, Obes Metab* [Internet]. 2020 Mar 1 [cited 2021 Sep 23];22(3):324–34.
 79. Mascini M. A Brief Story of Biosensor Technology. *Biotechnol Appl Photosynth Proteins Biochips, Biosens Biodevices*. 2007 Apr 3;4–10.
 80. Le dispositif DBLG1 de Diabeloop | Fédération Française des Diabétiques [Internet]. [cited 2021 Jul 21].
 81. Benhamou PY, Franc S, Reznik Y, Thivolet C, Schaepelynck P, Renard E, et al. Closed-loop insulin delivery in adults with type 1 diabetes in real-life conditions: a 12-week multicentre, open-label randomised controlled crossover trial. *Lancet Digit Heal* [Internet]. 2019 May 1 [cited 2021 Sep 23];1(1):e17–25.
 82. Benhamou P-Y, Franc S, Reznik Y, Thivolet C, Schaepelynck P, Renard E, et al. Articles Closed-loop insulin delivery in adults with type 1 diabetes in real-life conditions: a 12-week multicentre, open-label randomised controlled crossover trial. 2019 [cited 2021 Jul 22];
 83. Lewis DM. Do-It-Yourself Artificial Pancreas System and the OpenAPS Movement [Internet]. Vol. 49, *Endocrinology and Metabolism Clinics of North*

- America. *Endocrinol Metab Clin North Am*; 2020 [cited 2021 Jul 22]. p. 203–13.
84. Emmert-Streib F, Yli-Harja O, Dehmer M. Artificial Intelligence: A Clarification of Misconceptions, Myths and Desired Status. *Front Artif Intell [Internet]*. 2020 Dec 23 [cited 2021 Jul 19];3.
 85. Zandi D, Reis A, Vayena E, Goodman K. New ethical challenges of digital technologies, machine learning and artificial intelligence in public health: A call for papers. *Bull World Health Organ*. 2019;97(1):2. [cited 2021 Aug 16]
 86. Yu KH, Beam AL, Kohane IS. Artificial intelligence in healthcare. *Nat Biomed Eng*. 2018 Oct 1;2(10):719–31. [cited 2021 Aug 16]
 87. Jiang F, Jiang Y, Zhi H, Dong Y, Li H, Ma S, et al. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke Vasc Neurol [Internet]*. 2017 Dec 1 [cited 2021 Jul 19];2(4):230.
 88. Murchison AP, Hark L, Pizzi LT, Dai Y, Mayro EL, Storey PP, et al. Non-adherence to eye care in people with diabetes. *BMJ Open Diabetes Res Care [Internet]*. 2017 Jul 1 [cited 2021 Jul 19];5(1).
 89. Padhy SK, Takkar B, Chawla R, Kumar A. Artificial intelligence in diabetic retinopathy: A natural step to the future. *Indian J Ophthalmol [Internet]*. 2019 Jul 1 [cited 2021 Jul 19];67(7):1004.
 90. Grzybowski A, Brona P, Lim G, Ruamviboonsuk P, Tan GSW, Abramoff M, et al. Artificial intelligence for diabetic retinopathy screening: a review. *Eye [Internet]*. 2020 Mar 1 [cited 2021 Jul 19];34(3):451.
 91. Wild S, Fischbacher C, Mcknight J. Using Large Diabetes Databases for Research. *J Diabetes Sci Technol*. 2016;10(5):1073–8. [cited 2021 Sep 9]
 92. León-Vargas F, Martin C, Garcia-Jaramillo M, Aldea A, Leal Y, Herrero P, et al. Is a cloud-based platform useful for diabetes management in Colombia? The Tidepool experience. *Comput Methods Programs Biomed [Internet]*. 2021 Sep 1 [cited 2021 Oct 11];208.
 93. Elnaggar A, Park VT, Lee SJ, Bender M, Siegmund LA, Park LG. Patients' Use of Social Media for Diabetes Self-Care: Systematic Review. *J Med Internet Res [Internet]*. 2020 Apr 1 [cited 2021 Sep 12];22(4).
 94. Wang Y, McKee M, Torbica A, Stuckler D. Systematic Literature Review on the Spread of Health-related Misinformation on Social Media. *Soc Sci Med*. 2019 Nov 1;240. [cited 2021 Jul 19]
 95. Gabarron E, Årsand E, Wynn R. Social Media Use in Interventions for Diabetes: Rapid Evidence-Based Review. *J Med Internet Res [Internet]*. 2018 Aug 1 [cited 2021 Sep 12];20(8).

96. Commission Européenne. Livre Vert sur la Santé Mobile. 2014. [cited 2021 Aug 6]
97. Based on the findings of the second global survey on eHealth Global Observatory for eHealth series-Volume 3 mHealth New horizons for health through mobile technologies. 2011 [cited 2021 Aug 13];
98. CEED (Centre Européen d'Etude du Diabète). Le Freestyle libre (système flash glucose monitoring) une innovation pour l'auto-surveillance du diabète | Centre européen d'étude du Diabète. [cited 2021 Jul 21];
99. Kebede MM, Pischke CR. Popular Diabetes Apps and the Impact of Diabetes App Use on Self-Care Behaviour: A Survey Among the Digital Community of Persons With Diabetes on Social Media. *Front Endocrinol (Lausanne)* [Internet]. 2019 [cited 2021 Sep 12];10(MAR).
100. Galiero R, Pafundi PC, Nevola R, Rinaldi L, Acierno C, Caturano A, et al. The Importance of Telemedicine during COVID-19 Pandemic: A Focus on Diabetic Retinopathy. *J Diabetes Res* [Internet]. 2020 [cited 2021 Sep 16];2020.
101. research2guidance - 84,000 health app publishers in 2017 – Newcomers differ in their go-to-market approach [Internet]. [cited 2020 Sep 3].
102. Scott BK, Miller GT, Fonda SJ, Yeaw RE, Gaudaen JC, Pavliscsak HH, et al. Advanced digital health technologies for COVID-19 and future emergencies. *Telemed e-Health* [Internet]. 2020 Oct 1 [cited 2021 Oct 11];26(10):1226–33.
103. Kelly JT, Campbell KL, Gong E, Scuffham P. The Internet of Things: Impact and Implications for Health Care Delivery. *J Med Internet Res* [Internet]. 2020 Nov 1 [cited 2021 Oct 11];22(11).
104. Arnhold M, Quade M, Kirch W. Mobile applications for diabetics: A systematic review and expert-based usability evaluation considering the special requirements of diabetes patients age 50 years or older [Internet]. Vol. 16, *Journal of Medical Internet Research*. Journal of Medical Internet Research; 2014 [cited 2020 Sep 8].
105. Van Velthoven MH, Smith J, Wells G, Brindley D. Digital health app development standards: A systematic review protocol. *BMJ Open* [Internet]. 2018 Aug 1 [cited 2021 Oct 11];8(8).
106. Libório MP, Ekel PI, Lyrio R de M, Bernardes P, Soares GL, Machado-Coelho TM. Expand or Oversize? Planning Internet Access Network in a Demand Growth Scenario. *J Netw Syst Manag* [Internet]. 2020 Oct 1 [cited 2021 Oct 11];28(4):1.
107. Maniam A, Dhillon JS. Barriers to the Effective Use of Diabetes Self-

- Management Applications. April 2015 [cited 2021 Sep 9]
108. Mise sur le marché des dispositifs médicaux et des dispositifs médicaux de diagnostic in vitro - ANSM [Internet]. [cited 2021 Sep 22].
 109. Applications mobiles en santé et protection des données personnelles : Les questions à se poser | CNIL [Internet]. [cited 2021 Sep 15].
 110. Logiciels et applications mobiles en santé - ANSM [Internet]. [cited 2021 Sep 15].
 111. Ryan RM, Deci EL. Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *Am Psychol* [Internet]. 2000 [cited 2020 Sep 8];55(1):68–78.
 112. Mendiola MF, Kalnicki M, Lindenauer S. Valuable Features in Mobile Health Apps for Patients and Consumers: Content Analysis of Apps and User Ratings. *JMIR mHealth uHealth* [Internet]. 2015 May 13 [cited 2020 Sep 8]
 113. Huygens MWJ, Vermeulen J, Swinkels ICS, Friele RD, Van Schayck OCP, De Witte LP. Expectations and needs of patients with a chronic disease toward self-management and eHealth for self-management purposes. *BMC Health Serv Res* [Internet]. 2016 Jul 8 [cited 2021 Jul 18];16(1).
 114. Huygens MWJ, Swinkels ICS, De Jong JD, Heijmans MJWM, Friele RD, Van Schayck OCP, et al. Self-monitoring of health data by patients with a chronic disease: does disease controllability matter? 2017 [cited 2021 Sep 9]
 115. Ammenwerth E. Technology Acceptance Models in eHealth Informatics: TAM and UTAUT. *Stud Health Technol Inform* [Internet]. 2019 [cited 2021 Jul 19];263:64–71.
 116. Holden RJ, Karsh BT. The Technology Acceptance Model: Its past and its future in health care [Internet]. Vol. 43, *Journal of Biomedical Informatics*. J Biomed Inform; 2010 [cited 2021 Jul 19]. p. 159–72.
 117. Fuad A, Hsu CY. UTAUT for HSS: Initial framework to study health IT adoption in the developing countries. *F1000Research* [Internet]. 2018 [cited 2021 Oct 11];7.
 118. Venkatesh V, Morris MG, Davis GB, Davis FD. User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Q Manag Inf Syst*. 2003;27(3):425–78. [cited 2021 Jul 19]
 119. Nadal C, Sas C, Doherty G. Technology acceptance in mobile health: Scoping review of definitions, models, and measurement [Internet]. Vol. 22, *Journal of Medical Internet Research*. J Med Internet Res; 2020 [cited 2021 Jul 19].
 120. Izahar S, Lean QY, Hameed MA, Murugiah MK, Patel RP, Al-Worafi YM, et al.

- Content analysis of mobile health applications on diabetes mellitus. *Front Endocrinol (Lausanne)* [Internet]. 2017 Nov 27 [cited 2020 Sep 7];8(NOV):318.
121. Jimenez G, Lum E, Car J. Examining diabetes management apps recommended from a Google search: Content analysis [Internet]. Vol. 7, *JMIR mHealth and uHealth*. JMIR Publications; 2019 [cited 2020 Sep 7].
 122. Article 26 - Cumul d'activités - Code de déontologie - Conseil National de l'Ordre des Médecins [Internet]. [cited 2021 Sep 21].
 123. Meskó B, Drobni Z, Bényei É, Gergely B, Györffy Z. Digital health is a cultural transformation of traditional healthcare. *mHealth* [Internet]. 2017 Sep [cited 2021 Sep 21];3:38–38.
 124. Un guide des applications mobiles dédiées au Diabète | Centre européen d'étude du Diabète [Internet]. [cited 2021 Sep 15].
 125. Boyle L, Grainger R, Hall RM, Krebs JD. Use of and Beliefs About Mobile Phone Apps for Diabetes Self-Management: Surveys of People in a Hospital Diabetes Clinic and Diabetes Health Professionals in New Zealand. *JMIR mHealth uHealth* [Internet]. 2017 Jun 30 [cited 2020 Sep 7];5(6):e85.
 126. Huang Z, Soljak M, Boehm BO, Car J. Clinical relevance of smartphone apps for diabetes management: A global overview. *Diabetes Metab Res Rev* [Internet]. 2018 May 1 [cited 2020 Sep 7];34(4).
 127. Ristau RA, Yang J, White JR. Evaluation and evolution of diabetes mobile applications: Key factors for health care professionals seeking to guide patients [Internet]. Vol. 26, *Diabetes Spectrum*. American Diabetes Association; 2013 [cited 2020 Sep 8]. p. 211–5.
 128. Haute Autorité de Santé - La HAS propose la 1ère classification des solutions numériques utilisées en santé [Internet]. [cited 2021 Sep 23].
 129. Najafi B, Mohseni H, Grewal GS, Talal TK, Menzies RA, Armstrong DG. An Optical-Fiber-Based Smart Textile (Smart Socks) to Manage Biomechanical Risk Factors Associated with Diabetic Foot Amputation. In: *Journal of Diabetes Science and Technology* [Internet]. *J Diabetes Sci Technol*; 2017 [cited 2021 Oct 11]. p. 668–77.
 130. Bekker CL, Noordergraaf F, Teerenstra S, Pop G, van den Bemt BJF. Diagnostic accuracy of a single-lead portable ECG device for measuring QTc prolongation. *Ann Noninvasive Electrocardiol* [Internet]. 2020 Jan 1 [cited 2021 Oct 11];25(1).
 131. Taking the sting out of diabetic testing [Internet]. [cited 2021 Oct 11].
 132. Ellahham S. Artificial Intelligence: The Future for Diabetes Care. *Am J Med*.

2020 Aug 1;133(8):895–900.

133. Apple won a Major Patent for an “Integrated Photonics Device” that could be used in a Future Apple Watch for Monitoring Blood Glucose+ - Patently Apple [Internet]. [cited 2021 Sep 18].
134. Kuntsman A, Miyake E, Martin S. Re-thinking Digital Health: Data, Appisation and the (im)possibility of ‘Opting out.’ Digit Heal [Internet]. 2019 [cited 2021 Oct 11];5.
135. Fagherazzi G, Ravaud P. Digital diabetes: Perspectives for diabetes prevention, management and research [Internet]. Vol. 45, Diabetes and Metabolism. Diabetes Metab; 2019 [cited 2021 Jul 18]. p. 322–9.

ANNEXES

1. Questionnaire de Girerd

TEST D'ÉVALUATION DE L'OBSERVANCE

1. Ce matin avez vous oublié de prendre votre médicament ?
☐ Oui ☐ Non
2. Depuis la dernière consultation avez vous été en panne de médicament ?
☐ Oui ☐ Non
3. Vous est il arrivé de prendre votre traitement avec retard par rapport à l'heure habituelle ?
☐ Oui ☐ Non
4. Vous est il arrivé de ne pas prendre votre traitement parce que certains jours votre mémoire vous fait défaut ?
☐ Oui ☐ Non
5. Vous est il arrivé de ne pas prendre votre traitement parce que certains jours vous avez l'impression que votre traitement vous fait plus de mal que de bien ?
☐ Oui ☐ Non
6. Pensez vous que vous avez trop de comprimés à prendre ?
☐ Oui ☐ Non

INTERPRÉTATION DU TEST :

OUI (0) : Bonne observance

OUI (1 ou 2) : Minime problème d'observance

OUI (> 3) : Mauvaise observance

Réf : Girerd X et col. Evaluation de l'observance du traitement antihypertenseur par un questionnaire : mise au point et utilisation dans un service spécialisé. Presse Med 2001 ; 30 : 1044-8.

2. Liste alphabétique des applications de m-santé relatives au diabète avec leurs principales caractéristiques

Applications	Contenu/Concept de l'application				Public cible
	Carnet glycémique	Dietétique	Activité physique/Forme	Autres fonctionnalités	
Bant	X				DT1/DT2
Beurer ^a	X		X		DT2
Test diabète				Informations sur le risque de développer un diabète	DT2
Calories Minute		X			DT2
Coach Cardinal (Novartis Pharma)			X		DT2
DiabetCare (Nestlé HealthCare) ^b	X	X		Aide à la gestion de la pompe à insuline	DT1 sous pompe
Diabète Assistant	X	X			DT1
Diabète gourmand (Bayer)		X			DT1/DT2
Diabète hypoglycémie				Conseils relatifs aux hypoglycémies	DT1/DT2/ Soignants/famille
Diabète Univers Pharmacie				Gestion RDV, ordonnances, résultats...	DT2
Diabète Passeport free	X				DT1
DiabEATquiz				Test de connaissance diabète	DT2
Diabetes Plus				Lexique diabétologique	DT1/DT2/Soignant
Diabeto test				Physiopathologie du diabète	DT2/Soignant
DiabetoPartner (MSD France)	X	X	X	Gestion RDV, ordonnances, résultats...	DT1/DT2
e-Diabeto'Pass (Ardix Médical)	X	X	X	Gestion RDV, ordonnances, résultats...	DT2
En forme chez soi			X		DT2
GI (glycemic index)		X			DT1
Glucalc ^c	X	X			DT1
Gluci-Chek (Roche Diabetes Care France)		X			DT1
GlucoLog (A.Menarini Diagnostics)	X				DT1/DT2
Glucose Moniteur	X				DT1/DT2
Glucosurfer ^c	X				DT1
GlucoZor (Dinno Santé)		X		Serious game ; ITF	DT1 enfant
Guide Resto		X			DT1
Guide voyage diabète				Conseil pour le voyage	DT1/DT2
Hypoglycemia Simulator FR				Informations sur les hypoglycémies / simulateur des symptômes	DT1/DT2/Soignant
iBGStar® (Sanofi)	X				DT1/DT2
Journal de mesure	X		X		DT2
Le Diabète pour les Nuls				Informations générales sur le diabète	DT1/DT2
Ma Glycémie	X				DT1/DT2/DG
Mdiab	X		X		DT1 public jeune
MedPlus	X				DT1/DT2
Mon Glucocompteur (Sanofi)		X			DT1
Mon Index glycémique		X		Informations générales sur le diabète	DT1
mySOS				Carte diabétique virtuelle	DT1/DT2
mySugr Diabète	X		X	Connexion communautaire	DT1
mySugr Junior	X		X	Gamification	DT1 enfants

OneTouch Reveal® (LifeScan)	X			DT1/DT2
Pacer			X	DT2
Qalyo ^a			X	Informations santé DT2
Quiz by mySugr Diabète				Test de connaissance sur le diabète DT2
Rappel de Medoc'				Rappel glycémies et/ou traitements DT2
Recettes pour diabétiques			X	DT2
SiDiary ^c	X		X	DT1 sous pompe
SMARTfiches endocrinologie				Informations sur le diabète Soignants
Tactio santé ^a	X		X	DT2
Unités de Pain ^c			X	DT1
VeryDiab	X		X	DT1
VitaDock®	X		X	DT1/DT2

Université de Lille
FACULTE DE PHARMACIE DE LILLE
DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE
Année Universitaire 2020/2021

Nom : BUTAYE
Prénom : Guillaume

Titre de la thèse : Digitalisation du diabète et observance du patient

Mots-clés : digital, diabète, e-santé, applications, observance

Résumé : Le digital a bouleversé nos modes de vies et a permis de nombreuses avancées dans tous les secteurs y compris celui de la santé. Ce qui est aujourd'hui appelé la e-santé joue un rôle de plus en plus prépondérant dans des pathologies chroniques comme le diabète. Près d'un demi-milliard de personnes sont concernées au niveau mondial et cette épidémie silencieuse a de lourdes conséquences au quotidien pour ces patients. En complément du traitement prescrit, les règles hygiéno-diététiques sont en première ligne pour une meilleure efficacité mais nécessitent pour cela une observance accrue. Les outils digitaux pour aider le patient dans la gestion de sa pathologie se sont multipliés et ont pris des formes variées : applications pour smartphone, dispositifs connectés, réseaux sociaux communautaires... Si les avantages sont nombreux (prévention accrue, meilleure qualité de vie, systèmes de santé plus efficaces...), il existe encore des enjeux majeurs à régler tels que la confidentialité des données, un meilleur encadrement juridique et une efficacité clinique systématiquement vérifiée.

Membres du jury :

Président : Dr. KARROUT, Youness, Maître de Conférences HDR –
Pharmacotechnie industrielle, Lille

Assesseur(s) : Dr. BRIAND, Olivier, Maître de Conférences HDR – Biochimie, Lille

Membre(s) extérieur(s) : Dr. AYED, Eiya, Docteur en Pharmacie, Pharmacie du
Chemin Rouge à Faches-Thumesnil