

# Projets actuels de télémédecine dans le domaine du diabète

## Focus sur les projets de télésuivi 2.0 et sur l'expérience strasbourgeoise à travers le projet DIABETe

Emmanuel Andrès<sup>1,2</sup>, Laurent Meyer<sup>3</sup>, Abrar-Ahmad Zulfiqar<sup>2,4</sup>, Mohamed Hajjam<sup>5</sup>, Samy Talha<sup>2,6</sup>, Sylvie Ervé<sup>7</sup>, Jawad Hajjam<sup>7</sup>, Jean Doucet<sup>4</sup>, Nathalie Jeandidier<sup>3</sup>, Amir Hajjam El Hassani<sup>8</sup>

<sup>1</sup> Service de médecine interne, diabète et maladies métaboliques de la Clinique médicale B, hôpitaux universitaires de Strasbourg, 1, porte de l'Hôpital, 67091 Strasbourg cedex France <emmanuel.andres@chru-strasbourg.fr>

<sup>2</sup> Équipe de recherche EA 3072 Mitochondrie, stress oxydant et protection musculaire, faculté de médecine de Strasbourg, Université de Strasbourg (Unistra), Strasbourg, France <emmanuel.andres@chru-strasbourg.fr>

<sup>3</sup> Service d'endocrinologie et de diabétologie de la Clinique médicale B, hôpitaux universitaires de Strasbourg, Strasbourg, France

<sup>4</sup> Service de médecine interne, gériatrie et thérapeutique, CHU de Rouen, France

<sup>5</sup> Predimed Technology, Strasbourg, France

<sup>6</sup> Service de physiologie et d'explorations fonctionnelles, hôpitaux universitaires de Strasbourg, Strasbourg, France

<sup>7</sup> Centre d'expertise des technologies de l'information et de la communication pour l'autonomie (CENTICH) et Mutualité Française Anjou-Mayenne (MFAM), Angers, France

<sup>8</sup> Équipe de recherche EA 4662 Nanomédecine, imagerie, thérapeutiques, université de technologie de Belfort-Montbéliard (UTBM), Belfort-Montbéliard, France

**Contexte :** cette revue présente les projets de télésurveillance dans le domaine du diabète de type 1 et de type 2, avec une attention particulière portée aux projets et aux études de télémédecine 2.0. **Résultats :** depuis le début des années 1990, de nombreux projets et études de télémédecine axés sur le diabète de type 1 et de type 2 ont été développés. L'analyse de ces derniers montre que la télésurveillance du diabète se traduit par une amélioration du contrôle glycémique, une réduction significative de l'hémoglobine glyquée, une meilleure appropriation de la maladie par les patients, une plus grande adhésion des patients aux mesures thérapeutiques et hygiénodietétiques, un impact positif sur les comorbidités (hypertension artérielle, poids, dyslipidémie), une meilleure qualité de vie des patients, une bonne réceptivité des solutions développées et une responsabilisation des patients vis-à-vis de leur maladie et de la connaissance qu'ils en ont. La quantification de ces effets bénéfiques est cependant difficile, compliquant la démonstration de l'utilité de la télémédecine dans le diabète, au regard de la médecine factuelle. Au cours des cinq dernières années, divers projets de télémédecine basés sur les objets connectés et les nouvelles technologies de l'information et de la communication (éléments définissant la télémédecine 2.0) ont vu le jour. Les projets de télésurveillance DIABETe et Telesage s'inscrivent parfaitement dans le cadre de la télémédecine 2.0. Ils sont notamment les premiers à inclure une intelligence artificielle avec MyPredi<sup>TM</sup> et Diabeo<sup>TM</sup>.

**Mots clés :** télémédecine, télésurveillance, intelligence artificielle, technologies de l'information et de la communication, Web, diabète, insuffisance cardiaque, maladies chroniques



Tirés à part : E. Andrès

doi : 10.1684/met.2019.0754

Il a été démontré que le contrôle intensif de la glycémie retarde ou prévient le développement de complications micro- et macrovasculaires liées au diabète. Toutefois, on estime que 43,2 à 55,6 % des adultes atteints de diabète de type 2 n'atteignent pas la cible de référence pour le contrôle glycémique (hémoglobine glyquée [HbA1c] < 7,0 %) [1]. En pratique, les principales causes de détérioration du diabète nécessitant une intervention médicale sont liées :

- avant tout au diabète lui-même,
- à la mauvaise observance thérapeutique,
- à la malnutrition,
- à la mauvaise observance des changements de mode de vie (mesures hygiénodététiques),
- mais également à la décompensation des complications du diabète, essentiellement les complications macrovasculaires,
- à l'aggravation ou à la détérioration des comorbidités (e.g. hypertension artérielle [HTA]),
- aux infections communautaires [2-4].

Dans ce contexte, la télémédecine peut être une approche efficace pour résoudre les problèmes de surveillance, de conformité des mesures hygiénodététiques, d'éducation, et d'accès aux professionnels de santé (e.g. diabétologue, infirmière [IDE]) [2, 5]. Le contrôle de la glycémie pourrait être amélioré, en toute sécurité et sans délai, en adaptant la thérapeutique aux mesures de la glycémie et en les transmettant en temps quasi-réel aux médecins ou aux IDE (dans le cadre d'une délégation de tâche élargie). Dans ce contexte, la télémédecine peut également être une solution efficace pour surveiller les complications du diabète, en particulier les complications macrovasculaires (e.g. infarctus du myocarde [IM], artériopathie oblitérante des membres inférieurs [AOMI], etc.) et les comorbidités (e.g. HTA).

Cet article réalise une revue de la littérature dans le domaine de la télémédecine des patients diabétiques, en particulier de la télésurveillance ou du télé-suivi (*tele-monitoring* en anglais) de ces patients.

## Projets de télémédecine de première génération

Depuis le début des années 1990 et jusqu'en 2010, de nombreux projets et études de télémédecine ont été développés dans le domaine du diabète [6-27]. Pratiquement tous se sont intéressés à la télésurveillance ou au « suivi téléphonique » (*telephon support*) (termes définis dans le *tableau 1*), en particulier pour surveiller les niveaux de glycémie. La majorité d'entre eux ont été menés auprès d'une population spécifique de patients diabétiques de type 1 et de type 2 mal contrôlés. À ce niveau, il convient de souligner que ces projets se distinguent de la télémédecine telle que nous la concevons de nos jours,

**Tableau 1. Définitions des termes utilisés couramment dans le domaine de la télémédecine [29].**

- **Télé-surveillance** (télé-suivi) : cette pratique de télémédecine permet à un professionnel de santé d'interpréter à distance les données nécessaires au suivi médical du patient afin de prendre des décisions concernant sa prise en charge médicale et ses soins. Il s'agit d'une collecte de données à distance (sur son lieu de vie), auprès d'un patient, à l'aide d'un ou de dispositifs connectés ou de questionnaires pour surveiller quotidiennement ses paramètres et symptômes vitaux.

- **Télé-expertise** : cette pratique de la télémédecine consiste, pour un professionnel de la santé, à solliciter l'avis d'un ou de plusieurs experts professionnels de la santé sur des éléments du dossier médical du patient. Il s'agit de la recherche à distance par un professionnel de santé d'un second avis médical par envoi d'éléments médicaux, tels que des images (scanner, radiographie, fond d'œil, etc.) et parfois d'échanger par messagerie sécurisée ou vidéoconférence sur Internet.

- **Téléconsultation** : cette pratique de télémédecine permet à un professionnel de la santé d'avoir une consultation avec un patient à distance. Dans le cadre d'une téléconsultation, le patient peut avoir à ses côtés un professionnel de santé assistant le professionnel éloigné. Il s'agit souvent de la consultation d'un spécialiste pour deuxième avis.

- **Télémédecine 2.0** : Il s'agit de télémédecine reposant sur l'utilisation des technologies du Web 2.0 dans les soins de santé/médecine. Cette dernière est encore appelée « Santé 2.0 » ou « Médecine 2.0 ».

- **Intelligence artificielle** : C'est un processus qui permet aux machines d'apprendre de l'expérience, de s'adapter à de nouvelles conditions et à de nouvelles données et d'effectuer automatiquement des tâches humaines plus ou moins complexes. Ce processus comprend l'apprentissage (l'acquisition de l'information et les règles d'utilisation de l'information), le raisonnement (l'utilisation des règles pour tirer des conclusions approximatives ou définitives) et l'autocorrection. Les applications particulières de l'IA comprennent les systèmes experts, la reconnaissance vocale et des développements industriels.

avec une télésurveillance non intrusive, automatisée et intelligente utilisant des capteurs connectés, les technologies modernes des communications (e.g. smartphone, tablette tactile) ou même de l'intelligence artificielle (IA) [29] (*tableau 1*). Aussi ces projets de télémédecine sont-ils, selon nous, à classer dans le cadre des projets et des études de télémédecine de « première génération », correspondant d'ailleurs souvent à des preuves du concept.

À notre connaissance, aucun projet n'a été, à ce jour, publié sur la « téléconsultation » et la « télé-expertise » dans le domaine du diabète, tel que défini par la législation européenne ou française (termes définis au *tableau 1*), en particulier l'article 36 de la Loi de financement de la Sécurité sociale (LFSS) [28]. Plusieurs de ces projets ont été élaborés dans ces domaines, mais aucune conclusion scientifique (analyse médico-économique documentée)

n'est actuellement disponible au regard de leur intérêt dans la prise en charge des patients diabétiques [29].

À l'aide de la base de données PubMed et du moteur de recherche de Google Scholar, nous avons identifié plus de vingt publications en rapport avec des études de télésurveillance de première génération dans le domaine du diabète [6-27]. Ces dernières incluaient des patients diabétiques de type 1 et de type 2. Elles concernaient avant tout le suivi de ces patients par téléchargement et transmission directe des données de glycémie par les patients diabétiques à leurs professionnels de santé, en utilisant un téléphone cellulaire, une ligne téléphonique terrestre ou un programme en ligne (Web) [6-27].

L'analyse de ces études fait apparaître des résultats « mitigés » au regard de l'efficacité des solutions de télémédecine déployée [6-27]. Une partie de ces résultats procède de ce que nombre de ces études n'ont pas ciblé des patients diabétiques présentant un mauvais voire un très mauvais contrôle de la glycémie de base, que l'intervalle entre la transmission des valeurs de glycémie et le suivi était retardé ou non spécifié (absence de protocole standardisé de prise en charge), ou encore que cette information n'était suivie d'aucune intervention thérapeutique. Cette inertie thérapeutique est d'ailleurs bien identifiée et mise en exergue par les différents auteurs. Il est à souligner qu'aucune de ces études n'évaluait l'intensité de l'intervention requise pour maintenir les réductions d'HbA1c obtenues après la mise en œuvre de la télésurveillance à domicile [6-27].

Comme pour l'insuffisance cardiaque chronique (ICC), les résultats de ces projets de télémédecine de première génération diffèrent d'une étude à l'autre, avec des résultats assez peu concluants quant à leurs avantages cliniques potentiels et surtout documentés en termes :

- d'équilibre du diabète et des comorbidités associés,
- de réhospitalisation,
- de diminution de la morbidité ou de la mortalité,

particulièrement en ce qui concerne la signification statistique des résultats (29,30).

En conséquence, les experts ont maintenant des opinions très divergentes sur l'utilité réelle de la télémédecine dans la prise en charge des patients diabétiques [29, 30].

Il faut souligner ici que les études et essais de première génération sur la télémédecine chez les patients diabétiques ont été menés bien trop souvent avec certaines limites [29] :

- méthodologies inappropriées, impliquant des groupes de patients inadaptés (tels que les patients diabétiques bien équilibrés, les patients diabétiques sans aucune complication), de petits échantillons de patients et des périodes de suivi très courtes (entre trois mois et un an),
- organisation de suivi mal structurée, avec du personnel non dédié et non spécialisé pour traiter les déséquilibres du diabète et les alarmes, sans association de

diabétologues ou d'endocrinologues ou sans processus ni algorithme de prise en charge médicale optimisée du patient,

- des indicateurs de dégradation du diabète transmis avec retard, des « alarmes » survenant trop tard, sans réponse thérapeutique (aucun protocole spécifique disponible),
- aucun programme éducatif associé,
- absence d'interface homme-machine validée ou de contact humain entre les informations générées par la solution de télémédecine et les patients.

De plus, la plupart de ces études ne sont basées que sur le contrôle glycémique, sans inclure d'autres paramètres de surveillance liés aux comorbidités ou complications diabétiques (e.g. tension artérielle, fréquence cardiaque, poids), avec souvent une sous-utilisation de la solution de télémédecine déployée auprès du patient ou du professionnel de santé (médecin, IDE) [29, 30].

Au-delà des considérations médicales que nous venons de développer, l'aspect économique devra être étudié et consolidé dans les projets futurs de télémédecine, que cela soit dans le cadre du diabète ou des autres pathologies chroniques. Ce point n'a pas été bien abordé dans les études de télémédecine de première génération dédiées au diabète, mais il est indispensable, pour promouvoir le développement de la télémédecine dans le diabète et la légitimer, notamment au regard des contraintes budgétaires pesant sur les assurances et les mutuelles de santé [29]. Dans ce domaine, les études ou projets sont moins avancés que dans le domaine de la télésurveillance de l'ICC [29-31]. Ainsi, à notre connaissance, seule l'étude de Biermann *et al.* [11] est consacrée à ce thème de l'aspect économique dans la vingtaine d'études consacrées à la télémédecine que nous avons identifié dans le diabète.

### Projets de télémédecine de seconde génération

Au cours des dix dernières années, des projets de télémédecine de « deuxième génération » ont été développés dans le cadre de la prise en charge du diabète, en particulier dans le cadre de la télésurveillance [32-38], comme défini dans le *tableau 1*. Ces projets et études ont pour principaux objectifs d'évaluer l'utilisation de la technologie pour mettre en œuvre une prise en charge médicale optimisée du diabète, avec l'ébauche d'une réflexion médico-économique. À l'aide de la base de données PubMed et Google Scholar, nous avons identifié six projets et études de ce type dans le domaine du diabète [32-38].

Comparativement aux projets susmentionnés, la plupart des projets de deuxième génération liés à la télésurveillance du patient diabétique (cinq pour le type

2, une pour le type 1) comprennent des outils supplémentaires ou offrent des fonctionnalités à même d'optimiser la prise en charge du diabète comme actuellement prôné par les diabétologues, en sus bien entendu du recueil des données relatives à la glycémie [32-38] :

- questionnaires ou formulaires médicaux autoadministrés recueillant les symptômes, les signes de décompensation du diabète,
- outils pour l'éducation médicale, en particulier favorisant l'autoappropriation de la maladie,
- outils spécifiques dédiés aux mesures hygiénodietétiques,
- outils pour le patient, motivation,
- outils pour le respect de la thérapeutique et de l'hygiène alimentaire et à l'activité physique (questionnaires, échelles, actimètre connecté),
- outils de suivi des comorbidités, comme par exemple la TA, la fréquence cardiaque, le poids, les dyslipidémies (questionnaires ou capteurs connectés).

L'ensemble des solutions de télémédecine proposées ici comportent des outils favorisant l'interaction et les échanges entre le patient et les professionnels de la santé tels que des centres d'assistance téléphonique, des tablettes tactiles ou des smartphones et le Web [32-38].

### L'étude DiaTel

L'étude DiaTel a pour objectif de comparer l'efficacité à court terme sur le contrôle glycémique de :

- la télésurveillance à domicile couplée à la gestion active des médicaments par une infirmière formée,
- un appel téléphonique mensuel dans le cadre d'une coordination des soins [38]. Les patients inclus dans ce travail étaient des anciens combattants atteints de diabète de type 2, traités par des hypoglycémisants oraux et/ou de l'insuline depuis au moins un an, et présentant une HbA1c  $\geq 7,5$  %.

Au moment de l'inclusion, les patients ont été assignés au hasard à l'un ou à l'autre des groupes suivants [32] :

- gestion active des soins (GAS) avec télésurveillance à domicile (TD) (groupe GAS+TD, n = 73),
- appel téléphonique mensuel de coordination des soins (groupe CS, n = 77).

Les deux groupes ont reçu des appels mensuels pour la formation des patients diabétiques à l'autogestion de leur diabète. Les participants du groupe GAS+TD transmettaient leur glycémie, leur tension artérielle et leur poids à une IDE. Cette dernière ajustait les posologies des médicaments pour contrôler au mieux la glycémie, la tension artérielle et des lipides en fonction des objectifs établis pour l'ADA.

Les caractéristiques de base des patients de l'étude DiaTel étaient similaires dans les deux groupes : l'HbA1c moyenne étant de 9,4 % dans le groupe CS *versus* 9,6 %

dans le groupe GAS+TD [32, 33]. Le groupe GAS+TD a affiché de baisses significativement plus importantes de l'HbA1c que le groupe CS (critère principal) à trois mois (1,7 *versus* 0,7 %) et à six mois (1,7 % *versus* 0,8 % ;  $p < 0,001$  pour les deux comparaisons), avec une amélioration dès trois mois.

### Le projet Utah de surveillance à distance (Utah remote monitoring)

Le projet de télésurveillance de l'*Utah remote monitoring* était une étude prospective non randomisée d'observation avant et après la mise en œuvre d'une procédure et d'une solution de télé-suivi [34]. Les patients inclus étaient atteints de diabète de type 2 non contrôlé et/ou d'HTA. Ils étaient inclus dans quatre cliniques de soins primaires en milieu rural et deux cliniques de soins primaires en milieu urbain, et un centre urbain de traitement des AVC (n = 109). Les objectifs principaux de l'étude concernaient les modifications de l'HbA1c et de la TA. Les autres objectifs de cette étude étaient les changements induits sur : les lipides à jeun, le poids, l'HTA, la participation des patients, les connaissances sur le diabète, l'observance du traitement et la perception des patients quant à l'utilité du programme de télésurveillance.

Les patients ont été répartis au hasard dans deux groupes utilisant chacun leur propre procédure et leur propre solution de télésurveillance [34]. Le premier utilisait un appareil de surveillance à distance de la TA et de la fréquence cardiaque. Dans ce groupe, les patients utilisaient leur propre glucomètre pour mesurer leur glycémie et disposaient d'une balance électronique numérique pour mesurer leur poids. La solution de télé-suivi était programmée pour déclencher une alarme à une heure préétablie, indiquée par le patient, afin de l'inciter à mener une séance de télésurveillance. Il était demandé aux patients d'entrer les données plusieurs fois au cours de la semaine. L'appareil était programmé pour demander aux patients comment ils se sentaient ce jour-là et s'ils avaient pris leurs médicaments ; il leur était ensuite demandé de prendre les mesures nécessaires. Par la suite, le patient recevait une série de messages éducatifs, axés sur l'enseignement de ses maladies (diabète, HTA) et des comorbidités associées. Le deuxième groupe utilisait un système de réponse vocale interactive (RVI). Les patients recevaient un tensiomètre et une balance électronique numérique, mais utilisaient leur propre glucomètre. Ils devaient suivre le même processus que décrit précédemment, mais bénéficiaient d'un appel du service de télésurveillance par RVI à un moment préétabli. Les professionnels de santé en charge des patients inclus étaient contactés soit par un message enregistré dans la solution de télé-suivi, soit immédiatement en cas de problème (en personne ou par téléphone), s'il y avait une valeur hors plage.

Dans cette étude, l'HbA1c moyenne (critère principal) a diminué dans les deux bras : 9,73 % au départ *versus* 7,81 % à la fin du programme ( $p < 0,0001$ ) [34]. La TA systolique (critère principal) a également diminué de façon significative : 130,7 mmHg au départ *versus* 122,9 mmHg à la fin ( $p = 0,0001$ ). La teneur en lipoprotéines de basse densité a diminué de façon significative : 103,9 mg/dL au départ *versus* 93,7 mg/dL à la fin ( $p = 0,0263$ ). La connaissance du diabète et des données relatives à l'HTA a augmenté de façon significative ( $p < 0,001$  pour les deux). L'engagement des patients et l'observance du traitement se sont également améliorés, mais de façon non significative. D'après les questionnaires de fin d'étude, les patients estimaient que le programme de télésurveillance était utile.

### Étude randomisée sur la télésurveillance à domicile pour la prise en charge du risque métabolique et cardiovasculaire chez les patients atteints de diabète de type 2

Cette étude visait à déterminer si un système de télé-suivi à domicile (TD) peut améliorer le contrôle métabolique et le risque cardiovasculaire global chez les personnes atteintes de diabète de type 2, comparativement à la pratique habituelle [35]. Il s'agissait d'une étude multicentrique ouverte, randomisée et à groupes parallèles, menée en médecine générale (vingt-neuf omnipraticiens), auprès de 302 patients, avec un suivi de douze mois.

Le système TD (pour le groupe de patients diabétiques télé-suivis,  $n = 153$ ) offrait au patient la possibilité de surveiller le poids corporel, les valeurs de glycémie et les valeurs de pression artérielle, associées à un soutien éducatif à distance et à un retour vers le médecin de famille en charge du patient [35].

L'utilisation du système TD a été associée à une réduction statistiquement significative des taux d'HbA1c (critère principal) par rapport au groupe témoin : différence moyenne estimée de  $0,33 \pm 0,1$  % ( $p = 0,001$ ) [35]. Aucune différence n'a été documentée pour le poids corporel, la TA et le profil lipidique (les principaux critères). La proportion de patients atteignant la cible de l'HbA1c ( $< 7,0$  %) était plus élevée dans le groupe TD que dans le groupe témoin après six mois – 33,0 % *versus* 8,7 % ( $p = 0,009$ ) – et douze mois – 28,1 % *versus* 18,5 % ( $p = 0,07$ ). En ce qui concerne la qualité de vie (évaluée à l'aide du questionnaire abrégé de trente-six questions sur la santé), des différences significatives en faveur du groupe TD ont été détectées sur les versants physique ( $p = 0,01$ ) et mental ( $p = 0,005$ ). Sur le plan économique, un nombre moins élevé de visites de spécialistes a été signalé dans le groupe de télé-médecine : rapport du taux d'incidence de 0,72 (intervalle de confiance à 95 % : 0,51-1,01 ;  $p = 0,06$ ).

### Étude sur l'utilité et l'apport d'un système automatisé de surveillance et de gestion à distance du diabète

Cette étude a évalué l'utilité et l'apport d'un système automatisé de télésurveillance et de gestion du diabète (SGTD) pour le contrôle glycémique, par comparaison avec les soins habituels [36]. Dans cette étude randomisée et contrôlée, les patients atteints de diabète non contrôlé sous insuline ont été randomisés pour utiliser le SGTD ou les soins habituels.

Les participants des deux groupes ont fait l'objet d'un suivi pendant six mois et ont reçu trois visites à la clinique pendant la période à l'étude (à zéro, trois et six mois) [35]. Le SGTD utilisait des messages texte ou des appels téléphoniques pour rappeler aux patients de tester leur glycémie et de rapporter les résultats par un système automatisé, sans interaction humaine, à moins que le patient n'ait un taux de glycémie très élevé ou faible. Le SGTD ajustait la ou les doses d'insuline en fonction d'algorithmes validés. Les participants ont été testés sur l'observance, au moyen de l'échelle de Morisky, et sur la qualité de vie, au moyen d'un questionnaire. Une analyse coût-efficacité a été effectuée en fonction des coûts globaux estimatifs du SGTD et des soins habituels.

Au total, quatre-vingt-dix-huit patients diabétiques traités par insulinothérapie ont été inclus dans l'étude (dont 60 % de femmes) [36]. L'âge moyen des patients était de 59 ans. À la fin, quatre-vingt-sept patients (89 %) ont complété le suivi. L'HbA1c était similaire entre le groupe SGTD et le groupe témoin à trois mois : 7,60 % *versus* 8,10 % et à six mois : 8,10 % *versus* 7,90 % ( $p = ns$ ) (critère principal) [42]. Les changements entre la période de référence et à six mois n'étaient pas statistiquement significatifs pour ce qui est de l'observance et de la qualité de vie, sauf pour les items concernant les préoccupations sociales et professionnelles ( $p = 0,04$ ).

### L'étude Telescot diabetes pragmatic multicenter randomized controlled trial

Le Telescot diabetes est un essai comparatif randomisé, parallèle, non en double aveugle, mené en soins primaires dans quatre régions du Royaume-Uni testant une solution de télé-suivi [37]. Cette étude portait sur 321 patients atteints de diabète de type 2 relativement bien contrôlé, avec une HbA1c  $> 7,46$  %.

Dans cette étude, 160 personnes ont été réparties au hasard dans le groupe d'intervention et 161 dans le groupe de soins habituels [37]. L'intervention de télésurveillance comprenait de l'automesure de la glycémie et la transmission à un site Web sécurisé des données deux fois par semaine, matin et soir, pour analyse par les praticiens en médecine générale. Le groupe témoin recevait les soins habituels, avec au moins un examen annuel et des examens plus fréquents pour les personnes dont la

glycémie ou la TA était fluctuante ou loin des normes habituellement admises. L'HbA1c évaluée au neuvième mois était le principal critère étudié.

L'HbA1c moyenne au suivi était de 7,92 % dans le groupe d'intervention *versus* 8,36 % dans le groupe de soins habituels [37]. Pour le critère principal, l'HbA1c moyenne ajustée était inférieure de 0,51 % (IC95% : 0,22 % à 0,81 % (p = 0,0007). Pour les analyses secondaires, la TA systolique moyenne ambulatoire ajustée était inférieure de 3,06 mmHg (IC95% : 0,56-5,56 mmHg, p = 0,017) et la TA diastolique ambulatoire moyenne était inférieure de 2,17 mmHg (IC95% : 0,62-3,72, p = 0,006) dans le groupe intervention, par rapport aux soins habituels après ajustement. Aucune différence significative n'a été relevée entre les groupes en ce qui concerne le poids, le traitement, l'observance du traitement ou la qualité de vie dans les analyses secondaires. Au cours de l'étude, le nombre d'appels téléphoniques était plus élevé entre les infirmières et les patients du groupe intervention : taux de 7,50 (IC95% : 4,45-12,65, p < 0,0001), mais aucune autre différence significative entre les groupes dans l'utilisation des services de soins n'a été observée entre eux.

### Educ@dom

Educ@dom est une étude multicentrique, randomisée, contrôlée, prospective [38]. L'objectif principal de cette étude est de comparer l'efficacité de la télésurveillance à celle de la surveillance standard en termes de changements de l'HbA1c après une période de suivi de un an. Les objectifs secondaires sont cliniques (changements dans les connaissances, l'activité physique, le poids, etc.) et médico-économiques.

L'étude Educ@dom comprend 282 patients atteints de diabète de type 2, 141 patients dans chaque bras [38]. Pour les patients du groupe intervention, la solution de télé-suivi sera déployée pendant un an puis retirée au cours de la deuxième année de suivi.

Les bénéfices escomptés de cette étude sont une amélioration de la glycémie des patients, une amélioration de leur mode de vie tout en rationalisant le recours aux consultations afin de réduire l'incidence des complications et les coûts sur le long terme. Les résultats de cette étude sont attendus en 2019-2020.

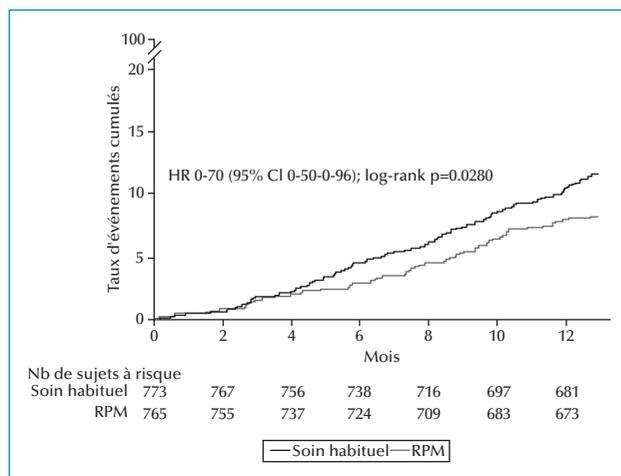
### Les projets de télémédecine de nouvelle génération

Au cours des cinq dernières années, des projets et des études de télémédecine de « nouvelle génération » ont vu le jour dans le contexte des maladies chroniques, en particulier dans le cadre de l'insuffisance cardiaque, des maladies pulmonaires chroniques (bronchopneumopathie chronique obstructive [BPCO], insuffisance respiratoire) et

du diabète de type 1 et de type 2 [29, 39-42]. Ces projets de nouvelle génération permettent la transmission et l'interprétation à distance des données des patients, pour leur suivi, et intègrent des interventions préventives (prévention de la dégradation de la pathologie suivie). Ces projets et études s'appuient sur des nouvelles solutions technologiques (détaillées plus loin dans le texte) pour mettre en œuvre une optimisation médicale et économique des soins délivrés pour la prise en charge du diabète, notamment avec une vision de déploiement potentiel de la solution à large échelle, et reproductible, selon les populations ciblées et les territoires de déploiement. En utilisant la base de données PubMed et Google Scholar, nous avons identifié trois projets et études dans le domaine du diabète : *Telemonitoring and Health Counseling for Self-Management Support* de Lindberg *et al.*, TELESAGE et DIABETe [39-42].

Il est à souligner que pour la première fois, l'un des projets de télémédecine dédiés à la prise en charge des maladies chroniques, l'étude TIM-HF2 [43], a en 2018 démontré l'utilité de la télémédecine. TIM-HF2 a documenté cette efficacité dans l'ICC, avec une signification statistique, dans une étude prospective randomisée (le *gold standard* de la médecine fondée sur les preuves [*evidence based-medicine*]). Entre août 2013 et mai 2017, 1 571 patients (âge moyen de 70 ans) ont été inclus dans l'étude TIM-HF2 et assignés au hasard à la prise en charge à distance (n = 796) ou aux meilleurs soins standard (n = 775) [43]. Au départ, tous les patients présentaient une fraction d'éjection ventriculaire gauche < 45 %, étaient classés en stades II ou III de la New York Heart Association (NYHA) tout en recevant un traitement par diurétiques. Dans l'étude TIM-HF2, le pourcentage de jours perdus en raison d'hospitalisations cardiovasculaires non planifiées et de décès toutes causes confondues était le même : 4,88 % (IC 95 % : 4,55-5,23) dans le groupe de prise en charge à distance *versus* 6,64 % (6,19-7,13) dans le groupe de soins standard (ratio : 0,80, IC 95 % : 0,65-1) (p = 0,0460). Toutefois, le taux de mortalité toutes causes confondues était de 7,86 (IC95% : 6,14-10,10) par 100 années-personnes de suivi dans le groupe de prise en charge à distance *versus* 11,34 (IC 95 % : 9,21-13,95) par 100 années-personnes de suivi dans le groupe de soins standard (rapport de risque [RR] 0,70, IC95% : 0,5-0,96) (p = 0,0280) (*figure 1*). Dans cette étude, il est à noter que la mortalité cardiovasculaire n'a pas varié de façon significative entre les deux groupes (RR : 0,671, 95%IC : 0,45-1,01 ; p = 0,056).

L'étude TIM-HF2 utilisait un système de télésurveillance non invasif, recueillant des paramètres multiples, installé au domicile du patient, comprenant : un ECG à trois canaux, un dispositif de surveillance de la tension artérielle et une balance [43]. L'information était transmise à distance et les patients disposaient d'un téléphone portable afin de contacter un « centre de coordination et



**Figure 1.** Résultats de l'étude TIM-HF2 au regard du bénéfice de la solution de télé-suivi sur le nombre cumulé d'événements (adapté de [43]). RPM : suivi du patient à distance.

d'assistance » en cas d'urgence. Les patients ont été suivis par des entretiens téléphoniques mensuels. Dans TIM-HF2, l'élément clé était ce centre de télé-médecine de coordination et d'assistance bien structuré, avec des médecins et des infirmières formés à l'ICC, disponibles 24 h sur 24 et tous les jours de la semaine, capables d'agir rapidement selon le phénotype du patient. Les soignants du centre de télé-médecine avaient dans leurs prérogatives : l'adaptation thérapeutique, l'admission à l'hôpital si nécessaire, en plus des activités éducatives et de formation. Sur ce modèle et grâce aux dispositifs de surveillance en continu de la glycémie (e.g. Freestyle), il est fort à parier que la télésurveillance des patients diabétiques de type 2 à l'aide des solutions de télé-médecine de nouvelle génération sera susceptible d'aider les patients à prendre en charge leur diabète, ainsi qu'à adapter leur traitement et leurs habitudes de vie [29].

Les projets de télé-médecine de nouvelle génération dans le domaine du diabète [39-42] sont souvent dits « de télé-médecine 2.0 », car ils utilisent tous les nouvelles technologies de l'information et de la communication (TIC) et le Web (outils pour le « e-Health 2.0 ») (comme défini dans le *tableau 1*) [44]. En outre, la plupart des projets et des études s'appuient sur des outils connectés pour la surveillance du diabète, tels que : glucomètre, tensiomètre, cardiofréquence-mètre, balance et oxymètre de pouls. Les données étaient transmises – via Bluetooth, Wi-Fi, 3G ou 4G – à un serveur puis aux patients ou à des professionnels de santé [29, 39-42]. Plusieurs projets comprennent également une solution de surveillance continue de la glycémie et souvent un appel vidéo [29, 30].

Plusieurs de ces projets de télé-médecine utilisent l'apprentissage automatique, aussi appelé intelligence artificielle (IA), afin d'être capable :

- d'ajuster le niveau de glycémie à l'activité du patient (logiciel Diabeo [voir ci-dessous]) [40, 41],
- de prédire les risques de décompensation du diabète, de ses complications et de certaines comorbidités (e.g. HTA, ICC) [42, 45]. Dans cette dernière situation, les solutions adoptées reposent souvent sur une analyse prédictive et statistique des données recueillies au regard de l'évolution et du phénotype du patient diabétique, comme le logiciel MyPredi (voir ci-dessous) [29, 42].

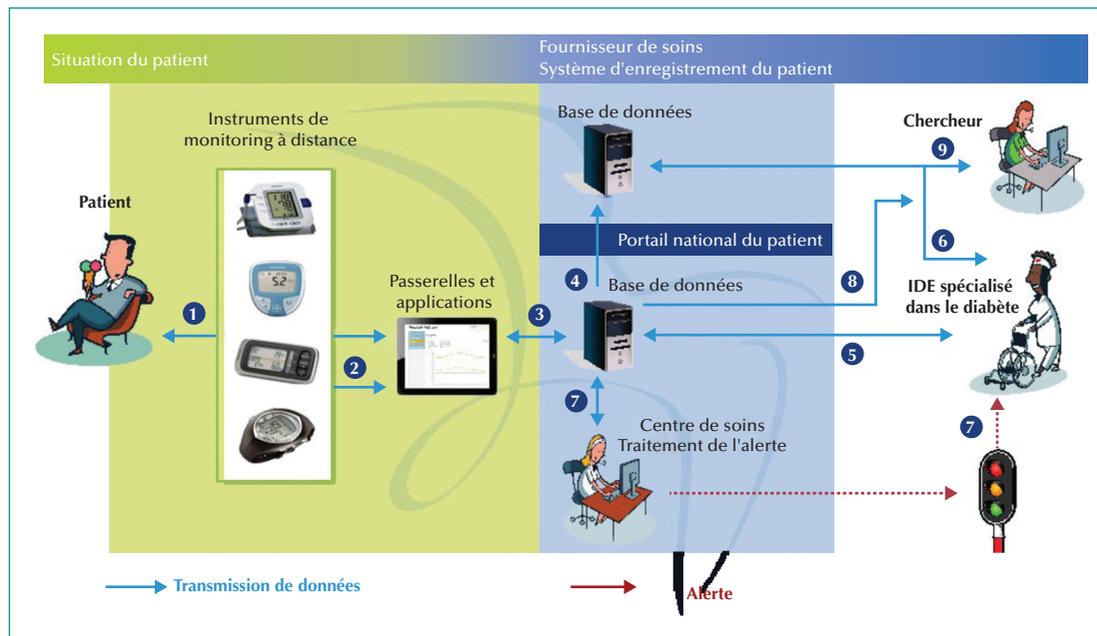
Dans le contexte des maladies chroniques, comme les maladies cardiovasculaires ou le diabète, plusieurs solutions ou outils informatiques ont été développés et utilisés, tels que les algorithmes des réseaux neuronaux artificiels (ANN), les logiciels de *data-mining* ou l'ontologie [45, 46].

Outre ces outils, il faut souligner que la télésurveillance du diabète peut, comme celle de l'ICC, utiliser des dispositifs invasifs implantables qui envoient des données de façon sporadique ou continue au médecin receveur (télésurveillance automatique) ; ces dispositifs sortent du cadre de cet article [30]. Dans la prise en charge du diabète, les dispositifs de télésurveillance implantables multiparamètres, principalement la surveillance des taux de glycémie et d'insuline, se sont récemment révélés être une approche efficace pour mieux équilibrer les patients diabétiques et prévenir certaines complications (e.g., les hypoglycémies).

### Télésurveillance et téléconseil pour l'autogestion des patients atteints de diabète de type 2

L'objectif de l'étude de Lindberg *et al.* [39] était de déterminer si l'introduction d'un programme d'autogestion du diabète fondé sur les nouvelles technologies de la santé, avait un effet bénéfique sur le diabète et au-delà sur l'état de santé du patient. Ce programme proposait notamment de la télésurveillance et des conseils médicaux. Dans le détail, il avait pour objectif de documenter, chez des patients diabétiques de type 2, des effets potentiellement bénéfiques sur : l'HbA1c ; diverses variables cliniques, comme par ex. le poids, l'indice de masse corporelle, la pression artérielle, le profil glycémique ; et la qualité de vie, mesurée selon la version 2 du Short Form Health Survey (SF-36) (*figure 2*).

Il s'agissait d'un essai clinique pragmatique randomisé et contrôlé auprès de patients atteints de diabète de type 2. Le groupe témoin (n = 79) et le groupe d'intervention (n = 87) ont tous deux reçu les meilleurs soins habituels [39]. Le groupe d'intervention a également participé à d'autres activités de promotion de la santé en utilisant l'application Web Prescribed Healthcare pour l'auto-surveillance de la glycémie et de la pression artérielle. Dans ce travail, environ tous les deux mois ou au besoin, le



**Figure 2.** Organisation mise en place dans le cadre du projet Telemonitoring and Health Counseling for Self-Management Support of Patients with type 2 Diabetes (adapté de [45]).

médecin généraliste ou l'IDE formée au diabète examinaient les résultats.

L'analyse des données montrait qu'il n'y avait pas de différences significatives entre les groupes au niveau du critère principal, à savoir l'HbA1c ( $p = 0,33$ ), ni du critère secondaire de qualité de vie mesuré par SF-36 [39]. Au total, 8 % des patients du groupe d'intervention au départ et 98 % des répondants après dix-neuf mois d'intervention savaient utiliser un ordinateur personnel ( $p = 0,001$ ). Après dix-neuf mois, une amélioration significative de l'état mental des patients était observée, au niveau social et émotionnel, dans le cadre du SF-36 ( $p = 0,03$  et  $p = 0,01$ , respectivement).

### L'étude TELESAGE : Suivi À Grande Échelle d'une population de diabétiques de types 1 et 2 sous schéma insuliniq ue basal bolus par la TELEmédecine

L'étude TELESAGE est une étude en groupes parallèles, ouverte, de six mois, multicentrique (100 centres en France), incluant des patients adultes ( $n = 180$ ) atteints de diabète de type 1 ( $> 1$  an), sur un schéma insuliniq ue basal-bolus ( $> 6$  mois), avec  $HbA1c \geq 8\%$  [40, 41].

Ces patients diabétiques de type 1 ont été randomisés en trois bras :

- suivi médical trimestriel selon le modèle de suivi habituel en France pour ce type de patients diabétiques (G1),
- utilisation à domicile d'un dispositif « intelligent » préconisant des doses d'insuline (logiciel Diabeo) avec visites trimestrielles chez le médecin (G2),

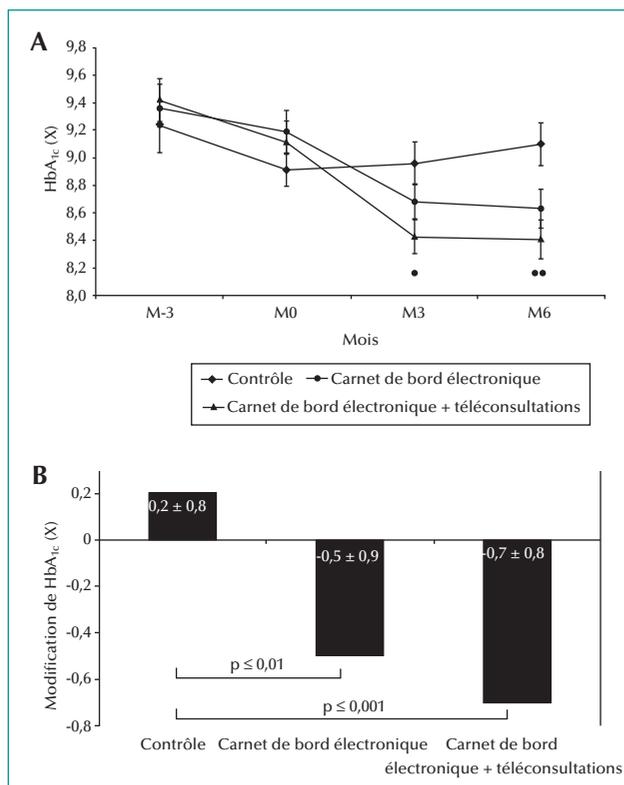
- utilisation du dispositif intelligent avec en plus de courtes téléconsultations, toutes les deux semaines, par une IDE formée, mais sans aucune visite médicale avant la fin de l'étude (à la fin de l'année de déploiement) (G3) [40, 41].

L'objectif principal de TELESAGE était d'étudier l'effet du système de télémédecine Diabeo par comparaison avec le suivi habituel, en ce qui concerne l'amélioration des taux d'HbA1c (critère principal) des patients diabétiques, sous basal-bolus d'insuline, mal contrôlés par le traitement ( $n = 696$ ). TELESAGE permettait également d'évaluer l'apport de téléconsultation par une infirmière avec une délégation de tâches pour le diabète (G3).

À six mois, le taux moyen d'HbA1c était de  $8,41 \pm 1,04\%$  pour G3 *versus*  $8,63 \pm 1,07\%$  pour G2 *versus*  $9,10 \pm 1,16\%$  pour G1, avec  $p = 0,001$  pour les comparaisons des différents groupes (figure 3) [40, 41]. Le système Diabeo a entraîné une amélioration de 0,91 % (0,60-1,21) de l'HbA1c par rapport au groupe contrôle G1 et une réduction de 0,67 % (0,35-0,99) lorsque utilisé sans téléconsultation (G2). Il n'y avait aucune différence dans la fréquence des épisodes d'hypoglycémie ou dans le temps médical consacré aux consultations, à l'hôpital ou par téléphone. Cependant, les patients en G1 et G2 ont passé près de 5 h de plus que les patients en G3 à se rendre à l'hôpital.

### Projet DIABETE

Le projet DIABETE vise à expérimenter une solution de télésurveillance, sur le lieu de vie des patients, en



**Figure 3.** Mise en évidence de l'efficacité du logiciel Diabeo™ sur l'HbA1c (adapté de [40]).

particulier à domicile, pour les patients diabétiques (de type 1 et de type 2) [29, 42]. Mené à Strasbourg (France), DIABETe relève des projets de « télémédecine 2.0 » (comme décrit ci-dessus) [29, 44]. Il a été développé et conçu pour optimiser le suivi à domicile des patients diabétiques en détectant, via une plateforme de télésurveillance 2.0, les situations présentant un risque de décompensation du diabète et de ses complications macrovasculaires (e.g. IM) [29, 42]. L'IA développée dans la solution DIABETe, appelée MyPredi, génère auto-

matiquement des indicateurs de détérioration de « l'état de santé » du patient, c'est-à-dire en rapport avec toute aggravation d'une maladie chronique. La version actuellement déployée dans DIABETe s'attache à la prise en charge des comorbidités cardiovasculaires (e.g. HTA, ICC). Pour le patient, ces situations à risque peuvent entraîner une hospitalisation s'il n'est pas traité de façon appropriée. De ce fait, MyPredi a pour objectif de réduire les hospitalisations itératives en rapport avec les pathologies chroniques. À notre connaissance, il s'agit d'un des premiers projets utilisant l'IA en plus des TIC et du Web 2.0.

La plateforme DIABETe comprend des capteurs médicaux non intrusifs connectés (figure 4), une tablette avec un écran tactile connecté par Wi-Fi et un routeur ou 3G/4G, permettant d'interagir avec le patient et de l'informer sur son diabète, son traitement et les mesures hygiéno-diététiques à mettre en œuvre et à suivre [29, 42].

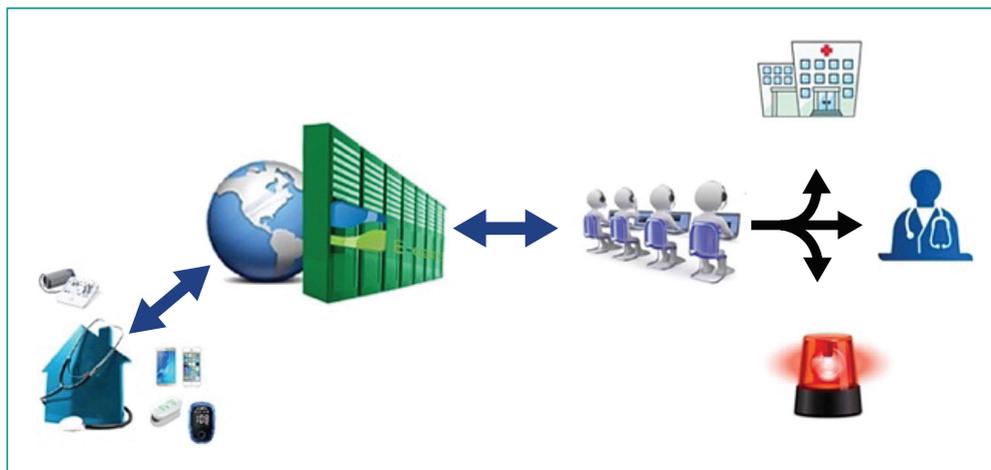
Le système (figure 5) comprend un serveur qui héberge les données du patient et un portail Internet sécurisé auquel le patient et les professionnels de santé (hospitaliers et non hospitaliers, médecins ou IDE) peuvent se connecter [29, 42].

DIABETe est basé sur un système « intelligent » comprenant un moteur d'inférence et une ontologie médicale pour une analyse synchrone ou asynchrone personnalisée des données spécifiques à chaque patient et, si nécessaire, l'envoi d'une « alerte » générée par l'IA (MyPredi) [29, 42]. DIABETe est porté par un consortium regroupant les hôpitaux universitaire de Strasbourg (HUS), l'agence régionale de santé du Grand Est, la caisse primaire d'assurance du Bas-Rhin et une startup : Predimed Technology [29, 42].

La plateforme de télésurveillance utilisée dans DIABETe a d'abord été validée dans le cadre d'une étude monocentrique menée aux HUS dans le cadre du projet E-Care, principalement axée sur le problème de l'ICC [47, 48]. Entre février 2014 et avril 2015, 175 patients (âge moyen de 72 ans) ont été inclus dans le projet E-care. Il est à souligner que 30 % de ces patients souffraient de diabète



**Figure 4.** Objets connectés déployés dans la cadre du projet DIABETE.



**Figure 5.** Plateforme proposée dans le cadre du projet DIABETe.

de type 2. Durant cette période, la plateforme de télésurveillance a été utilisée quotidiennement par les patients et les professionnels de santé, selon un protocole d'utilisation défini et spécifique à chaque patient. Au cours de l'étude, 1 500 mesures ont été prises, générant 700 alertes chez soixante-huit patients. Cent sept sujets (61,1 %) n'ont reçu aucune alerte lors du suivi. L'analyse des alertes chez les soixante-huit autres patients a montré que l'IA a détecté toutes les détériorations de l'« état de santé » du patient, avec une sensibilité de 100 %, une spécificité de 30 % et des valeurs prédictives positive et négative de respectivement 89 % et 100 %. Dans cette expérimentation, tant les professionnels de santé que les patients, même les plus fragiles, ont adopté et utilisé le système E-care sans difficulté jusqu'à la fin de l'étude.

Les patients inclus dans le projet DIABETe sont des patients diabétiques de types 1 et 2 ( $n = 100$ ), avec :

- soit un « risque cardiovasculaire très élevé », présentant des antécédents personnels d'IM, d'AVC ou d'AOMI, et d'amputation ou d'ICC,
- soit une insulinothérapie « intensive », avec au moins trois injections par jour ou une administration par pompe.

Jusqu'à présent, une dizaine de patients ont été inclus. Les résultats de ce projet sont attendus à la fin de 2019 ou au début de 2020.

Le projet DIABETe s'appuie sur une plateforme intelligente susceptible d'assister les professionnels de santé en traitant automatiquement les informations obtenues à partir de capteurs médicaux non intrusifs (e. g., glucomètre, moniteur de pression artérielle, fréquence-cardiomètre, actimètre, balance connectée) ainsi que les informations subjectives fournies par le patient lui-même (questionnaires via la tablette tactile) et sur son comportement (compliance), lui permettant de détecter et de signaler à temps les situations à risque d'hospitalisation [29, 42]. Des outils d'éducation thérapeutique adaptés au

patient sont mis à la disposition de l'individu. Des alertes sont générées par l'IA et transmises aux professionnels de santé en charge du patient. Le professionnel de santé peut ainsi anticiper la décompensation et prendre les mesures appropriées en dehors de l'urgence. Une analyse intermédiaire est prévue après les trente premiers patients, éventuellement pour mettre en place une cellule de coordination avec une IDE, dans le cadre d'une délégation de tâches, comme dans l'étude TIM-HF2 [43]. Les données médicales peuvent également être partagées entre les professionnels de la santé, faisant partie d'un réseau ville-hôpital « virtuel », mais concret quant au partage de l'information et à la prise en charge globale du patient.

DIABETe n'est pas en concurrence avec Diabeo ni avec d'autres systèmes experts visant à optimiser l'équilibre glycémique, qui est en soi l'objectif principal de la gestion du diabète [41]. Le projet DIABETe se concentre sur la prise en charge « globale » des patients diabétiques à travers la détection des situations à risque d'hospitalisation : infection, décompensation cardiaque, pied diabétique, ainsi que les épisodes d'hypoglycémie et d'hyperglycémie pouvant conduire à des hospitalisations [29, 42]. En ce qui concerne la plateforme de télésurveillance utilisée dans DIABETe, une intégration ou une interface avec des systèmes experts tels que Diabeo nous semble d'ailleurs possible [41, 42].

### Les challenges à relever pour la télémédecine

À l'avenir, les projets de télémédecine, qu'ils concernent le diabète ou d'autres domaines, devront répondre à certains enjeux médicaux actuels [29, 30]. Ainsi, les nouvelles solutions de télémédecine devront tenir compte de la coexistence, chez un même individu, de nombreuses pathologies chroniques (diabète, ICC, maladie pulmonaire

chronique, insuffisance rénale chronique, etc.) et comorbidités (HTA, dyslipidémie, etc.). Ils devront offrir une prise en charge complète et « globale », incluant notamment la dimension sociale du suivi. Ils devront intégrer les spécificités des patients âgés : manque d'appétence pour les nouvelles technologies et les nouveaux usages et leurs principaux problèmes (e.g. chutes, malnutrition, déficience cognitive).

Dans ce contexte, les nouveaux développements de la télémédecine devront également résoudre les problèmes liés à la multiplicité des professionnels de santé en charge d'un même patient (e.g. généraliste, spécialistes d'organe, IDE). Ils devront s'adapter à la multiplicité des organisations médicales (e.g. avec ou sans ressources humaines, centre de coordination, manque de temps soignants) [29, 30]. En outre, il faut noter que les obstacles logistiques à la mise en œuvre de la télé-santé sont importants, car de nombreux systèmes de santé ne sont pas encore conçus pour intégrer ces technologies aux systèmes d'information existants. Il est donc nécessaire de planifier dès maintenant l'interfaçage des systèmes informatiques et l'intégration des futures solutions de télémédecine.

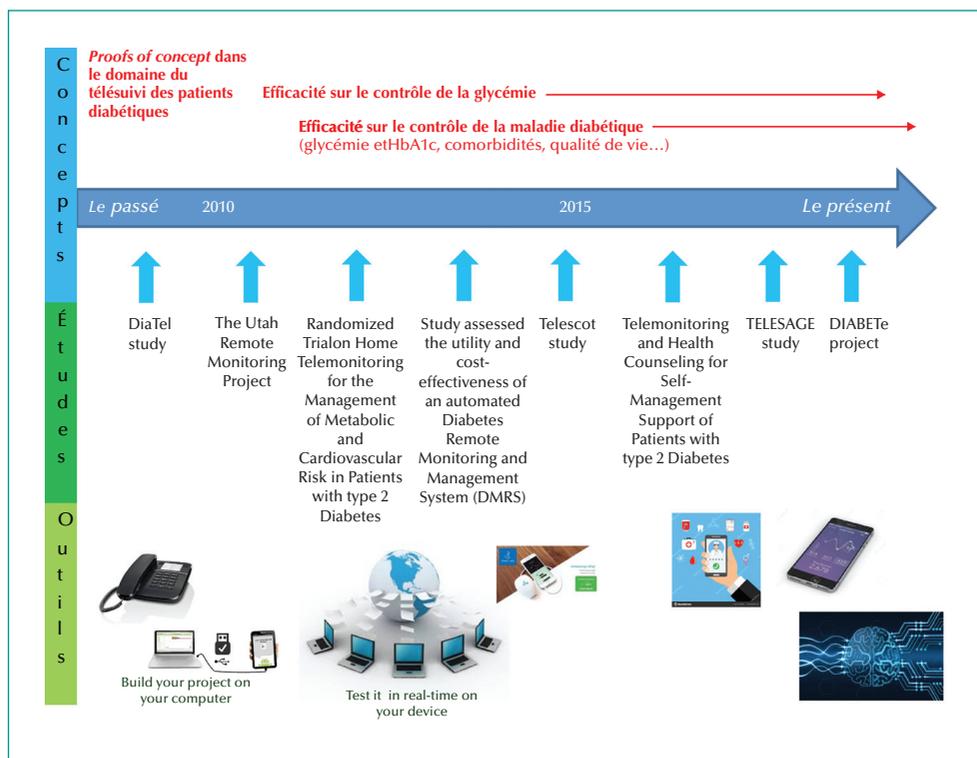
Compte tenu des problèmes actuels d'accès aux professionnels de santé, les nouvelles solutions de télémédecine se devront de structurer les parcours de soins des patients – un thème médical majeur de la médecine d'aujourd'hui, qui intéresse fortement nos

gouvernements et nos autorités [28, 29]. De même, les projets futurs devront permettre aux professionnels de santé d'échanger entre eux, facilitant ainsi l'accès des patients aux ressources médicales. Dans ce contexte, la recherche future doit également se concentrer sur l'accessibilité et l'aspect pratique des interventions de télémédecine.

À côté de ces challenges, il est important de noter que la prise en charge financière de ces systèmes, voire leur remboursement, demeure un obstacle (« plafond de verre »). De fait, les soins de santé dispensés par la télé-santé ne sont pas couverts par les modèles traditionnels de rémunération à l'acte (par exemple, en France, où tous les patients diabétiques bénéficient d'une prise en charge intégrale de leurs frais médicaux) [29]. Toutefois, la croissance des modèles de paiement fondés sur la valeur peut fournir des incitatifs à la mise en œuvre de la télé-santé comme stratégie pour fournir des soins de haute qualité, rentables et coordonnés (optimisés sur le versant médical et médico-économique) [29].

Ainsi, pour documenter l'efficacité des solutions de télémédecine, les études futures devraient intégrer d'autres objectifs, comme des cibles potentielles pour répondre aux besoins et aux exigences de nos sociétés, tels qu'énumérés dans la *tableau 2*.

Jusqu'à présent, aucune des sociétés savantes (e.g. l'American Diabetes Association [ADA], l'European



**Figure 6.** Évolution des concepts et des projets dans le domaine de la télémédecine chez le patient diabétique.

**Tableau 2. Paramètres à potentiellement évaluer dans les futurs projets de télémédecine dédiés aux maladies chroniques**

Mortalité globale	Éducation thérapeutique
Mortalité spécifique de la maladie chronique considérée	Conformité à l'hygiène alimentaire et thérapeutique
Nombre d'hospitalisations pour la maladie chronique considérée	Optimisation de l'hygiène alimentaire et sportive
Nombre de réhospitalisations pour la maladie chronique considérée	Connaissances du patient sur la maladie chronique considérée
Nombre de jours d'hospitalisation	Autogestion de la maladie par le patient
Durée totale d'hospitalisation dans un temps donné (1 an)	Optimisation du parcours de soins pour la maladie chronique considérée
Coûts de santé	Structuration du parcours de soins pour la maladie chronique considérée
Coûts de prise en charge de la maladie chronique considérée	Relations ville-hôpital
Nombre de jours d'arrêt de travail	Partage de l'information entre les professionnels de la santé
La qualité de vie	Utilisation du système par les professionnels de la santé

Society of Diabetes [ESD]) impliquées dans le sujet du diabète n'a, à notre connaissance, formulé de recommandation formelle quant à l'utilité de la télémédecine pour les patients diabétiques de type 1 ou 2. Cela semble totalement légitime au regard des considérations que nous avons développé précédemment, notamment pour les études de télémédecine de première génération dans le domaine du diabète (figure 6). Ce n'est pas le cas dans le cadre de l'ICC, où les données factuelles et les études médico-économiques sont plus nombreuses, mieux documentées et consolidées, contribuant à une plus grande maturité dans ce domaine [29]. Ainsi, les recommandations de 2016 de l'European Society of Cardiology (ESC) pour le diagnostic et le traitement de l'insuffisance cardiaque aiguë et chronique prônent la télésurveillance des patients souffrant d'insuffisance cardiaque avec un grade de recommandation IIb et un niveau de preuve B [31]. Cette absence de recommandation des sociétés savantes semble, là aussi, légitime au regard des études de seconde génération, même si ces dernières sont mieux faites et les résultats plus robustes [29].

## Conclusions

Cette revue narrative exhaustive confirme, sur un plan pragmatique, l'efficacité de la télésurveillance des patients diabétiques de type 1 ou 2. Chez ces patients, le télé-suivi a ainsi montré une amélioration du contrôle de la glycémie,

une réduction significative de l'HbA1c, une meilleure appropriation de la maladie par les patients, une meilleure adhésion aux mesures thérapeutiques et hygiéniques-diététiques, un impact positif sur les comorbidités (HTA, poids, dyslipidémie), une meilleure qualité de vie des patients et une meilleure capacité d'action de ceux-ci. De plus, une analyse coût-efficacité a révélé un réel potentiel d'économies. Il est toutefois à souligner que, jusqu'à présent, l'ampleur de ses effets demeure discutable, principalement en raison d'insuffisances méthodologiques et des caractéristiques des patients ciblées.

Jusqu'à présent, relativement peu de projets sur des patients diabétiques ont été menés dans le cadre de la « télémédecine 2.0 », en utilisant l'IA, les TIC et le Web 2.0. C'est néanmoins le cas du projet DIABETE. C'est également le cas du projet TELESAGE.

Dans le domaine du diabète et de la télémédecine, des études supplémentaires à la méthodologie robuste, sur des populations mieux ciblée et d'effectifs plus importants sont plus que jamais nécessaires.

## Remerciements

Les auteurs remercient M. B. Boutteau, M. C. Gautier, M. le Pr JM. Danion, Mme A. Drexler, M. F. Guerder, Mme F. Lecomte, Mme Mansion, Mme MP. Glady, Mme V. Bouisseau, Mme E. Peyramaure, M. A. Schneider, Mme O. Barreaut, Mme L. Merabet, Mme S. Sigrist, Mme J. Freydière.

**Liens d'intérêt :** M. Hajjam est le directeur scientifique de Predimed Technology. Ce travail a bénéficié, à travers les projets E-care, Prado-Incado et DIABETE, de subventions de la Fondation de l'avenir, de l'agence régionale de santé du Grand-Est et de l'Agence nationale de la recherche (ANR Technologie).

## Références

- Haw JS, Galaviz KI, Straus AN, *et al.* Long-term sustainability of diabetes prevention approaches: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *JAMA Intern Med* 2017 ; 177 : 1808-17.
- Nathan DM. Diabetes: advances in diagnosis and treatment. *JAMA* 2015 ; 314 : 1052-62.
- Ostling S, Wyckoff J, Ciarkowski SL, *et al.* The relationship between diabetes mellitus and 30-day readmission rates. *Clin Diabetes Endocrinol* 2017 ; 3 : 3.
- Sinclair A, Dunning T, Rodriguez-Mañas L. Diabetes in older people: new insights and remaining challenges. *Lancet Diabetes Endocrinol* 2015 ; 3 : 275-85.
- Ismail-Beigi F. Clinical practice. Glycemic management of type 2 diabetes mellitus. *N Engl J Med* 2012 ; 366 : 1319-27.
- Billiard A, Rohmer V, Roques MA, *et al.* Telematic transmission of computerized blood glucose profiles for IDDM patients. *Diabetes Care* 1991 ; 14 : 130-4.

7. Marrero DG, Vandagriff JL, Kronz K, *et al.* Using telecommunication technology to manage children with diabetes: the computer-linked outpatient clinic (CLOC) study. *Diabetes Educ* 1995 ; 21 : 313-9.
8. Ahring KK, Ahring JP, Joyce C, *et al.* Telephone modem access improves diabetes control in those with insulin-requiring diabetes. *Diabetes Care* 1992 ; 15 : 971-5.
9. Liesenfeld B, Renner R, Neese M, *et al.* Telemedical care reduces hypoglycemia and improves glycemic control in children and adolescents with type 1 diabetes. *Diabetes Technol Ther* 2000 ; 2 : 561-7.
10. Bellazzi R, Larizza C, Montani S, *et al.* A telemedicine support for diabetes management: the T-IDDM project. *Comput Methods Programs Biomed* 2002 ; 69 : 147-61.
11. Biermann E, Dietrich W, Rihl J, *et al.* Is there time and cost savings by using telemanagement for patients on intensified insulin therapy? A randomized, controlled trial. *Comput Methods Programs Biomed* 2002 ; 69 : 137-46.
12. Welch G, Sokolove M, Mullin C, *et al.* Use of modem equipped blood glucose meter augmented with biweekly educator telephone support lowers HbA1c in type 1 diabetes. *Diabetes* 2003 ; 52(Suppl 1): A100.
13. Chase HP, Roberts MD, Pearson JA, *et al.* Modem transmission of glucose values reduces the costs and need for clinic visits. *Diabetes Care* 2003 ; 26 : 1475-9.
14. Montori VM, Helgemoek PK, Guyatt GH, *et al.* Telecare for patients with type 1 diabetes and inadequate glycemic control: a randomized controlled trial and meta-analysis. *Diabetes Care* 2004 ; 27 : 1088-94.
15. Vahatalo MA, Virtamo HE, Viikari JS, *et al.* Cellular phone transferred self-blood glucose monitoring: prerequisites for positive outcome. *Pract Diab Int* 2004 ; 21 : 192-4.
16. Bergenstal RM, Anderson RL, Bina DM, *et al.* Impact of modem-transferred blood glucose data on clinician work efficiency and patient glycemic control. *Diabetes Technol Ther* 2005 ; 7 : 241-7.
17. McMahon GT, Hu TMJ, Gomes HE, *et al.* Web-based care management in poorly controlled diabetes. *Diabetes Care* 2005 ; 28 : 1624-9.
18. Farmer AJ, Hayton PM, Gibson OJ, *et al.* A randomized controlled trial of the effect of real-time telemedicine support on glycemic control in young adults with type 1 diabetes. *Diabetes Care* 2005 ; 28 : 2697-702.
19. Cho JH, Song KH, Chang SA, *et al.* Long-term effect of the Internet-based glucose monitoring system on HbA1c reduction and glucose stability. *Diabetes Care* 2006 ; 29 : 2625-31.
20. Gay CL, Chapuis F, Bendelac N, *et al.* Reinforced follow-up for children and adolescents with type 1 diabetes and inadequate glycemic control: a randomized controlled trial intervention via the local pharmacist and telecare. *Diabetes Metab* 2006 ; 32 : 159-65.
21. Shea S, Weinstock RS, Starren J, *et al.* A randomized trial comparing telemedicine case management with usual care in older, ethnically diverse, medically underserved patients with diabetes mellitus. *J Am Med Inform Assoc* 2006 ; 13 : 40-51.
22. Benhamou PY, Melki V, Boizel R, *et al.* One-year efficacy and safety of web-based follow-up using cellular phone in type 1 diabetic patients under insulin pump therapy: the PumpNet study. *Diabetes Metab* 2007 ; 33 : 220-6.
23. Cadario F, Binotti M, Brustia M, *et al.* Telecare for teenagers with type 1 diabetes: a trial. *Minerva Pediatr* 2007 ; 59 : 299-305.
24. Quinn CC, Clough SS, Minor JM, *et al.* WellDoc mobile diabetes management randomized controlled trial: change in clinical and behavioral outcomes and patient and physician satisfaction. *Diabetes Technol Ther* 2008 ; 10 : 160-8.
25. McCarrier KP, Ralston JD, Hirsch IB, *et al.* Web-based collaborative care for type 1 diabetes: a pilot randomized trial. *Diabetes Technol Ther* 2009 ; 11 : 211-7.
26. Ralston JD, Hirsch IB, Hoath J, *et al.* Web-based collaborative care for type 2 diabetes: a pilot randomized trial. *Diabetes Care* 2009 ; 32 : 234-9.
27. Shea S, Weinstock RS, Teresi JA, *et al.* A randomized trial comparing telemedicine care management with usual care in older, ethnically diverse, medically underserved patients with diabetes mellitus: 5 year results of the IDEATel study. *J Am Med Inform Assoc* 2009 ; 16 : 446-56.
28. <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2017/4/25/AFSH1711560A/jo/texte/fr> [Consulté novembre 2018].
29. Andrès E, Hajjam M, Talha S, *et al.* Télémedecine dans le domaine de l'insuffisance cardiaque. État des lieux et focus sur le projet de télémedecine 2. 0 E-care. Perspectives dans le domaine de la diabétologie. *Med Mal Metab* 2018 ; 12 : 224-31.
30. Puricel SG, Ruiz J. Le diabète et l'ère de la télémedecine. *Rev Med Suisse* 2014 ; 10 : 1246-8.
31. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, *et al.* 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur Heart J* 2016 ; 37 : 2129-200.
32. Stone R, Rao H, Sevick M, *et al.* Active care management supported by home telemonitoring in Veterans with type 2 diabetes: the DiaTel randomized controlled trial. *Diabetes Care* 2009 ; 33 : 478-84.
33. Stone R, Sevick M, Rao H, *et al.* The diabetes telemonitoring study extension: an exploratory randomized comparison of alternative interventions to maintain glycemic control after withdrawal of diabetes home telemonitoring. *J Am Med Inform Assoc* 2012 ; 19 : 973-9.
34. Shane-McWhorter, Lenert L, Petersen M, *et al.* The Utah remote monitoring project: improving health care one patient at a time. *Diabetes Technol Ther* 2014 ; 16 : 653-60.
35. Nicolucci A, Cercone S, Chiriatti A, Muscas F, Gensini G, on behalf of the REMOTE Study Group. A randomized trial on home telemonitoring for the management of metabolic and cardiovascular risk in patients with type 2 diabetes. *Diabet Technol Therap* 2015 ; 17 : 8-13.
36. Katalenich B, Shi L, Liu S, *et al.* Evaluation of a remote monitoring system for diabetes control. *Clin Therap* 2015 ; 37 : 1216-25.
37. Wild SH, Hanley J, Lewis SC, *et al.* Supported telemonitoring and glycemic control in people with type 2 diabetes: the telescot diabetes

---

pragmatic multicenter randomized controlled trial. *PLoS Med* 2016 ; 13 : e1002098.

**38.** Turnin MC, Schirr-Bonnans S, Martini J, *et al.* Educ@dom: comparative study of the telemonitoring of patients with type 2 diabetes versus standard monitoring-study protocol for a randomized controlled study. *Diabet Metab Syndr* 2017 ; 9 : 52.

**39.** Lindberg I, Torbjørnsen A, Söderberg S, Ribu L. Telemonitoring and health counseling for self-management support of patients with type 2 diabetes: a randomized controlled trial. *JMIR Diabet* 2017 ; 2 : e10.

**40.** Charpentier G, Benhamou PY, Dardari D, *et al.* The Diabeo software enabling individualized insulin dose adjustments combined with telemedicine support improves HbA1c in poorly controlled type 1 diabetic patients: a 6-month, randomized, open-label, parallel-group, multicenter trial (TeleDiab 1 Study). *Diabetes Care* 2011 ; 34 : 533-9.

**41.** Jeandidier N, Chaillous L, Franc S, *et al.* DIABEO app software and telemedicine *versus* usual follow-up in the treatment of diabetic patients: protocol for the TELESAGE randomized controlled trial. *JMIR Res Protoc* 2018 ; 7 : e66. doi: 10.2196/resprot.9154.

**42.** Andrès E, Talha S, Jeandidier N, Meyer L, Hajjam M, Hajjam A. Telemedicine in chronic diseases: the time of maturity with Telemedicine 2.0 in the setting of chronic heart failure and diabetes mellitus! *Curr Res Diabetes Obes J* 2018 ; 6 : 1-4.

**43.** Koehler F, Koehler K, Deckwart O, *et al.* Efficacy of telemedical interventional management in patients with heart failure (TIM-HF2): a randomised, controlled, parallel-group, unmasked trial. *Lancet* 2018 ; 392 : 1047-57.

**44.** Van De Belt TH, Engelen L, Berben S, Schoonhoven L. Definition of Health 2.0 and Medicine 2.0: a systematic review. *J Med Internet Res* 2010 ; 12 : e18.

**45.** Benyahia A, Hajjam A, Andrès E, Hajjam M, Hilaire V. Including other system in E-Care telemonitoring platform. *Stud Health Technol Inform* 2013 ; 190 : 115-7.

**46.** Rjeily CB, Badr G, El Hassani AH, Andrès E. Medical data mining for heart diseases and the future of sequential mining. *Mach Learn Paradigms* 2018 ; 149 : 71-99.

**47.** Andrès E, Talha S, Hajjam M, Hajjam J, Ervé S, Hajjam A. Experimentation of 2.0 telemedicine in elderly patients with chronic heart failure: a study prospective in 175 patients. *Eur J Intern Med* 2018 ; 51 : e11-2.

**48.** Andrès E, Talha S, Benyahia AA, *et al.* e-Health: a promising solution for the optimized management of chronic diseases. Example of a national e-Health project E-care based on a e-plateform in the context of chronic heart failure. *Eur Res Telemed* 2015 ; 4 : 87-94.