



ELSEVIER

Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com



REVUE GÉNÉRALE

La boucle fermée hybride : évolution ou révolution dans la prise en charge du diabète de type 1[☆]

The hybrid closed loop: Evolution or revolution in the management of type 1 diabetes

Charles Thivolet

DIAB-eCARE, centre du diabète des hospices civils de Lyon, université de Lyon, 64, avenue Rockefeller, 69008 Lyon, France

Reçu le 30 janvier 2024 ; accepté le 29 mai 2024

MOTS CLÉS

Diabète de type 1 ;
Insuline ;
Insuline ordinaire humaine ;
Pompes à insuline ;
Pancréas artificiel ;
Glucose ;
Glycémie ;
Algorithmes ;
Automatisation

Résumé Le traitement du diabète de type 1 nécessite une administration continue d'insuline dès le diagnostic pour répondre aux besoins physiologiques en insuline et prévenir les complications liées à l'hyperglycémie chronique tout en réduisant le risque quotidien d'hypoglycémies. L'introduction de la mesure continue du glucose a permis de modéliser les besoins en insuline et permettre une automatisation partielle du traitement avec l'aide de pompe à insuline pilotée par un algorithme approprié. Cette nouvelle prise en charge est l'aboutissement d'une série de progrès techniques, mais est une révolution pour les personnes qui l'adoptent en atteignant des niveaux de contrôle jamais obtenus auparavant, tout en allégeant la charge mentale. C'est aussi une transformation des pratiques et la nécessité d'une formation des professionnels de santé à cette innovation.

© 2025 l'Académie nationale de médecine. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés, y compris ceux relatifs à la fouille de textes et de données, à l'entraînement de l'intelligence artificielle et aux technologies similaires.

KEYWORDS

Type 1 diabetes mellitus;
Insulin;

Summary The treatment of type 1 diabetes requires continuous administration of insulin from diagnosis onwards to meet physiological needs and to prevent complications related to chronic hyperglycemia, while reducing the daily risk of hypoglycemia. The introduction of continuous glucose measurement made it possible to set partial automation of an insulin pump controlled by the appropriate algorithm. This new technique is the culmination of a series of technical

[☆] Séance du 21/01/2025.

Adresse e-mail : charles.thivolet@chu-lyon.fr

<https://doi.org/10.1016/j.banm.2024.05.011>

0001-4079/© 2025 l'Académie nationale de médecine. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés, y compris ceux relatifs à la fouille de textes et de données, à l'entraînement de l'intelligence artificielle et aux technologies similaires.

Pour citer cet article : C. Thivolet, La boucle fermée hybride : évolution ou révolution dans la prise en charge du diabète de type 1, Bull Acad Natl Med, <https://doi.org/10.1016/j.banm.2024.05.011>

Insulin regular
human;
Insulin infusion
systems;
Glucose;
Blood glucose;
Artificial pancreas;
Algorithms;
Automation

advances but is a revolution for people with type 1 diabetes by achieving levels of glucose control never obtained before while lightening the mental load. It is also a transformation of practices and skills for health care professionals.

© 2025 l'Académie nationale de médecine. Published by Elsevier Masson SAS. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.

Introduction

La boucle fermée hybride ou couramment appelée pancréas artificiel, est une modalité innovante d'administration de l'insuline pour des personnes porteuses d'un diabète de type 1. Depuis la découverte de l'insuline thérapeutique il y a plus de 100 ans, de nombreux progrès ont régulièrement été obtenus dans les techniques d'injection et de fabrication de cette thérapeutique vitale. Il s'agit de déterminer dans quelle mesure l'administration automatisée d'insuline ou boucle fermée est une simple évolution technique ou une révolution pour les patients.

Répondre aux besoins physiologiques en insuline

Le diabète de type I correspond à une carence absolue ou quasi absolue en insuline, à la suite de la destruction des cellules bêta des îlots de Langerhans du pancréas par un mécanisme auto-immun. Le rationnel du traitement par insuline a donc pour objectif de subvenir aux besoins physiologiques. L'absence totale d'insuline conduit à l'acidocétose, au coma et à terme au décès. L'objectif thérapeutique est double. Tout d'abord reproduire la sécrétion physiologique d'insuline en assurant une imprégnation permanente reproduisant la sécrétion basale ayant pour objectif la régulation de la production hépatique de glucose, à laquelle se rajoute une sécrétion augmentée au moment des prises alimentaires. Le deuxième objectif est d'obtenir un bon contrôle de la glycémie nécessaire pour prévenir ou limiter les complications chroniques du diabète associées à une hyperglycémie chronique, notamment la rétinopathie et le risque de cécité, la néphropathie et le risque d'insuffisance rénale, la neuropathie, notamment périphérique, facteur de risque de plaies chroniques. C'est dans cet esprit que s'inscrivent les recommandations de pratique professionnelle [1,2]. Malgré des progrès significatifs, les schémas d'insulinothérapie sont restés imparfaits puisque la séquence physiologique encadrant la prise alimentaire reste difficile à reproduire, notamment dans certaines populations à risque [3]. Il est en effet impossible de reproduire automatiquement toutes les étapes physiologiques de l'insulinosécrétion [4], notamment la phase céphalique qui précède habituellement un repas. L'administration d'une dose d'insuline d'action rapide avant les repas reste conseillée, sur la base d'un calcul empirique de la quantité de glucides mais qui ne tient pas compte du contenu en matières grasses qui pourtant modifie la vidange gastrique

et l'efficacité de l'insuline administrée. Il existe par ailleurs un certain nombre de facteurs d'interférences comme la variabilité de la résorption de l'insuline en sous-cutané ne reproduisant pas la cinétique de l'insuline libérée dans la veine porte par le pancréas, la sensibilité des tissus cibles variable en fonction du poids, du site d'injection, du cycle menstruel chez la femme, de l'activité physique et à différentes influences environnementales comme la température extérieure ou le stress. Chez le sujet sain, l'insuline est sécrétée à jeun à un taux faible pour moduler la production hépatique de glucose. Après extraction hépatique (50 %), les concentrations périphériques d'insuline sont 2 à 4 fois inférieures à celles de la veine porte. À l'état prandial, l'insuline est sécrétée rapidement en grande quantité, ce qui revient à augmenter les concentrations portales et périphériques de 10 à 20 fois dans les 30 à 40 minutes suivant l'ingestion d'un repas. Les barrières physiologiques de l'administration d'insuline sous-cutanée des sujets porteurs d'un diabète de type 1 sont : (1) d'augmenter l'insulinémie périphérique pour augmenter de façon suffisante l'insulinémie portale en réduisant le risque d'hypoglycémie par surdosage ; (2) de tenir compte du délai de résorption sous-cutanée de 10–15 min de l'insuline injectée pour gagner le réseau sanguin capillaire pour gérer les repas ; (3) de prendre en compte la cinétique des insulines d'action rapides avec un pic d'insulinémie 80 à 90 minutes suivant l'injection. Pour surmonter au moins en partie ces barrières, la prise d'un repas doit être reportée de plusieurs minutes après l'injection sous-cutanée d'insuline d'action rapide [5].

Lors d'une enquête internationale réalisée chez 3858 patients adultes, seuls 24 % atteignaient les objectifs fixés pour un bon contrôle glycémique avec une HbA1C inférieure à 7 % malgré un accès facilité à la technologie de la mesure continue du glucose [6]. Dans le registre nord-américain du T1D *exchange*, l'HbA1c moyenne était plus basse dans la séquence 2021–2022 par rapport à 2016–2017, mais la valeur observée de 8,4 % restait très au-dessus des objectifs cibles, notamment chez les adolescents [7].

Un long parcours vers la thérapeutique automatisée du diabète

Après les pompes à insuline miniaturisées dans les années 1980 utilisant en majorité la voie sous-cutanée, les années 2000 ont vu l'arrivée des capteurs de glucose mesurant le glucose interstitiel sous-cutané de façon suffisamment exacte pour estimer la glycémie et permettre une mesure

Tableau 1 Les différentes pompes à insuline sous-cutanées.

Pompe avec capteur indépendant (SAP)	Pompe à insuline utilisant un capteur de glucose, permettant de visualiser les données du capteur, mais l'administration d'insuline n'est pas modifiée
Pompe avec arrêt en hypoglycémie (LGS et PLGS)	Système de pompe à insuline suspendant l'administration d'insuline en cas d'hypoglycémie réelle ou prédite
Pompe en boucle fermée hybride (HCL)	Système de pompe à insuline qui augmente ou diminue automatiquement l'administration d'insuline basale en réponse à la détection des valeurs de glucose et dans certains cas la capacité d'administrer des bolus de correction automatique ; l'utilisateur doit toujours doser l'insuline prandiale manuellement
Pompe en boucle fermée totale (AID)	Système qui ajuste automatiquement l'administration de toute l'insuline, y compris l'insuline prandiale
DIY (également connu sous le nom de Loop, OPEN APS, Android APS)	Système à faire soi-même utilisant un capteur de glucose, une pompe à insuline disponibles dans le commerce, ainsi qu'un algorithme en libre accès ; actuellement non approuvé par les organismes de réglementation
Systèmes bi-hormonaux	Systèmes intégrant deux hormones : l'insuline et le glucagon, l'insuline et l'amyline sont également à l'étude

continue du glucose interstitiel (MCG) ambulatoire sur plusieurs jours, permettant d'établir des correspondances précises avec le dosage de l'HbA1c et de nouvelles cibles thérapeutiques [8]. Différentes pompes ont été développées tenant compte de la MCG (Tableau 1). La modélisation informatique du métabolisme du glucose et de l'action de l'insuline a conduit au développement de plateformes de simulation permettant de valider des algorithmes pour l'ajustement des débits d'insuline lors d'essais *in silico*. Plusieurs études ont été menées employant divers systèmes, algorithmes, types de pompe et de capteurs à la fois chez des adultes et des enfants permettant le développement de différents systèmes. Les premiers systèmes en boucle fermée étudiés sur des patients utilisaient un algorithme relativement simple qui ne fonctionnait que du jour au lendemain. À partir de 2015, les systèmes *Hybrid Closed Loop* (HCL) ont finalement été introduits. Ces systèmes sont capables de réguler l'administration d'insuline basale en toute autonomie, débit basal croissant ou décroissant par rapport aux données de la MCG. C'est ainsi que des algorithmes de contrôle ont été développés prenant en compte le délai de disponibilité de l'insuline administrée par voie sous-cutanée et le délai de production par le capteur d'un signal proportionnel à la glycémie. Le développement de l'insulinothérapie automatisée s'est poursuivi sur un mode de boucle semi-fermée dit « hybride », incluant des bolus préprandiaux calculés selon la glycémie préprandiale, la quantité de glucides des repas, la durée de l'insuline active et la sensibilité à l'insuline. L'aspect hybride a amélioré la performance des algorithmes en réduisant les pics postprandiaux, mais a maintenu dans l'équation du succès un facteur humain.

Plusieurs types d'algorithmes de contrôle ont été développés, notamment un modèle de contrôle prédictif (MPC) et un modèle proportionnel intégral (PID) [9]. Les algorithmes MPC utilisent des paramètres spécifiques pour ajuster le débit d'insuline en minimisant la différence entre les concentrations de glucose prévues par le modèle et la plage cible de glucose sur une durée prédéfinie. Les contrôleurs PID sont réactifs et ajustent l'administration d'insuline en évaluant les excursions de glucose selon plusieurs compo-

santes, en lien avec la différence entre le niveau de glucose mesuré par rapport à la cible. Enfin, ont été développés des systèmes combinant un débit basal automatisé et des bolus de corrections automatiques pour maintenir les valeurs glycémiques dans un objectif cible. Quatre types de systèmes sont disponibles : (1) un système entièrement intégré (c'est-à-dire qu'un fabricant propose la MCG, la pompe à insuline et l'algorithme) ; (2) un système qui combine des produits de différents fabricants (par exemple, la pompe à insuline d'une entreprise, un terminal avec l'algorithme d'une autre entreprise et la MCG d'une autre entreprise) ; (3) une application composée d'un algorithme qui contrôle d'autres appareils ; (4) des systèmes construits par des personnes atteintes de diabète à l'aide de matériels disponibles combinés à un algorithme téléchargé sur Internet, pour lesquels aucune approbation réglementaire n'est disponible.

La boucle fermée hybride : des études cliniques à la vie réelle

Les études cliniques sur l'utilisation de la boucle fermée hybride chez des enfants dès l'âge de 2 ans, les adolescents et les adultes jusqu'à 75 ans atteints de diabète de type 1 se sont révélés excellents [10–12]. Malgré l'hétérogénéité des populations étudiées et des protocoles d'études, tous les systèmes ont démontré de manière uniforme une augmentation de 9 à 16 % du temps de référence dans la plage cible (TIR ; 3,9–10 mmol/L ou 70–180 mg/dL), une réduction de la glycémie moyenne, du temps en hyperglycémie et une diminution de 0,3 à 0,7 % de l'HbA1c [13,14]. L'amélioration globale de la glycémie était similaire dans tous les groupes d'âge et très rapide dès les premiers jours de mise en route. Le TIR s'améliore davantage la nuit que pendant la journée notamment par un meilleur contrôle de la production hépatique de glucose. Cet élément est un facteur important pour l'amélioration du sommeil et de la qualité de vie. La plus grande amélioration du contrôle glycémique est observée chez ceux qui ont le TIR initial le plus bas ou l'HbA1c la plus élevée. Les bénéfices sur l'hypoglycémie restent variables suivant les études, mais il convient de noter

que l'amélioration du contrôle glycémique avec la boucle fermée ne s'accompagne pas d'une augmentation des hypoglycémies. L'accessibilité de la plupart des systèmes permet de reproduire les résultats des études cliniques en vie réelle. Une nette amélioration de l'équilibre est observée très rapidement avec un maintien des performances à un an [14–16]. Il est intéressant de noter que l'amélioration concerne tous les patients même si seulement 50 % d'entre eux atteignent à la fois un % du temps dans la cible 3,9–10 mmol/L > 70 % et une HbA1c < 7 % [17]. Cette situation souligne l'importance d'un accompagnement personnalisé chez certains sujets [18]. Depuis 2013, de nombreux systèmes APS *Do It Yourself* (DIY) ont aussi été développés par les professionnels de santé et les patients, en utilisant des algorithmes qui n'ont pas encore été approuvés par la communauté scientifique mais qui sont accessibles via des plateformes en libre accès [19].

Prendre en compte et dépasser les barrières actuelles

L'initiation d'un système de boucle fermée nécessite un certain nombre d'étapes de formation dans le cadre de recommandations de pratique professionnelle pour les centres initiateurs [20–22]. Il persiste un certain nombre de barrières qui limitent l'obtention d'un très bon équilibre glycémique. Elles peuvent être d'ordre physiologique avec le délai de concordance entre la mesure du glucose interstitiel et la glycémie, le temps d'absorption de l'insuline contenue dans le dépôt sous-cutané ; technologiques avec la fiabilité de la MCG, des problèmes de connexion entre le capteur et la pompe, des interruptions de la délivrance d'insuline suite à des obstructions de cathéters, des insuffisances dans la charge des batteries, des anomalies logicielles ou comportementales liées à des insuffisances dans la gestion des repas ou des corrections, dans la gestion de l'activité physique, dans la gestion des hyperglycémies. À l'heure actuelle, il n'existe aucun dispositif pouvant être considéré comme une boucle totalement fermée puisque même les appareils les plus avancés nécessitent toujours l'intervention du patient pour l'administration de bolus repas. Cependant, les récentes avancées technologiques nous permettent de croire que les obstacles liés à la gestion de la glycémie dans les moments les plus difficiles de la vie quotidienne (repas, sport, maladies intercurrentes...) pourrait bientôt être surmontés avec des algorithmes plus réactifs, des insulines avec une cinétique plus courte, l'intégration de capteurs d'activité, offrant un fort potentiel d'amélioration. L'introduction de la boucle fermée a été un important vecteur de transformation des pratiques avec la montant en charge de centres initiateurs permettant un suivi personnalisé par télésurveillance à travers des plateformes de données partagées (Fig. 1).

Une révolution dans la prise en charge du diabète 1

La boucle fermée, ou diffusion automatisée d'insuline, est une révolution. Révolution technologique tout d'abord, avec la concrétisation du travail des pionniers de ces 40 der-

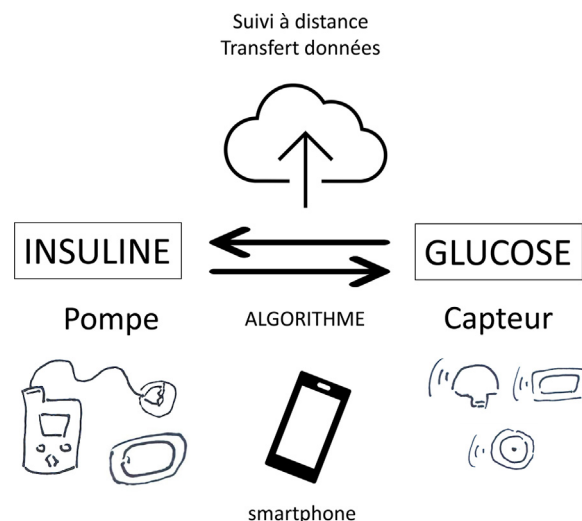


Figure 1 Présentation des éléments clés constituant la boucle fermée avec la délivrance de l'insuline en sous-cutanée par une pompe externe, la mesure continue du glucose interstitiel avec un capteur, un algorithme de contrôle dans la pompe ou dans un smartphone et la possibilité d'un suivi à distance des données dans le cadre de la télésurveillance médicale.

nières années et aussi des industriels qui ont été capables de produire des pompes miniaturisées connectées aux données d'une MCG fiable. Beaucoup d'efforts, d'échecs, de remises en question et de réponses aux nombreux détracteurs pour en arriver là. C'est aussi la démonstration des apports de l'intelligence artificielle avec la mise au point d'algorithmes efficaces. Ces avancées décisives remettent en perspective la prise en charge du diabète de type 1 et donnent enfin des solutions à nos échecs. L'optimisation du contrôle glycémique sur le long terme est une arme efficace pour la prévention des complications diabétiques comme cela a été établi de façon nette dans l'étude d'intervention du *Diabetes Control and Complications Trial* (DCCT) avec une cible d'HbA1c à 7 % [23]. La boucle fermée permet d'atteindre cet objectif plus facilement sans augmentation des hypoglycémies sévères. La possibilité de transformer les objectifs d'HbA1c dans des plages de valeurs de glucose est une avancée majeure, grâce à l'usage de la mesure du glucose interstitiel [24]. Les utilisateurs témoignent d'une nette amélioration de leur qualité de vie et de leur qualité du sommeil du fait de la stabilité de l'équilibre obtenu. Un observatoire national de la boucle fermée en France (OB2F) a été mis en place sous l'égide de la Société francophone du diabète (SFD) qui confirme l'amélioration de la prise en charge en vie réelle chez 2109 patients adultes et 460 enfants avec une boucle fermée initiée en 2022 [25]. Le développement actuel de cette technique en France est particulièrement actif avec désormais 5 systèmes pris en charge par l'assurance maladie : le système DBLGI de Diabeloop avec la pompe Kaleido (2019), le système Medtronic 780G (2022), le système Tandem T slim en mode control-IQ (2023), le système Mylife CamAPS avec l'Ypsopump (2023) et le système Omnipod 5 (2024). En 2024, plus de 10 000 sujets sont déjà équipés.

Il faut comprendre et intégrer ce changement de paradigme, avec la possibilité pour les patients de lâcher prise

et pour les parents d'enfants porteurs de cette maladie de passer des nuits tranquilles. La boucle fermée, c'est la nouvelle frontière de la diabétologie pour l'initiation, le suivi et l'évaluation des données numériques de santé, c'est l'occasion de repenser les organisations pour optimiser la prise en charge multiprofessionnelle financée par des forfaits spécifiques, tenant compte de la contribution de chacun.

Conclusions

La complexité et l'évolution rapide de la technologie du diabète peut être un obstacle à sa mise en œuvre pour les personnes atteintes de diabète et pour les équipes soignantes. La boucle fermée hybride est une révolution qui nécessite des efforts pour intégrer les avantages mais aussi les exigences de cette nouvelle technologie. Il ne s'agit pas de confier son diabète à une machine. Il s'agit plus d'une humanité augmentée, ce qui nécessite un savoir-faire et un savoir être avec l'acceptation de contraintes efficaces pour la prévention des complications et l'amélioration du vécu au quotidien avec cette maladie chronique.

Déclaration de liens d'intérêts

C.T. déclare avoir bénéficié d'aides financières pour des réunions, des communications ou des protocoles de recherche de la part d'Abbott Diabetes Care, Glooko, Lilly, Novo-Nordisk, Medtronic, et Sanofi et a des activités de conseils pour Insulet et Medtronic.

Références

[1] Holt RIG, DeVries JH, Fischl AH, Hirsch IB, Kirkman MS, Klupa T, et al. The management of type 1 diabetes in adults. A consensus report by the American Diabetes Association (ADA) and the European Association for the Study of Diabetes (EASD). *Diabetes Care* 2021;44:2589–625, <http://dx.doi.org/10.2337/dci21-0043>.

[2] American Diabetes Association Professional Practice Committee. Diabetes technology: standards of care in diabetes-2024. *Diabetes Care* 2024;47(Suppl. 1):S126–44.

[3] Pettus H, Zhou FL, Shepherd L, Mercaldi K, Preblick R, Hunt PR, et al. Differences between patients with type 1 diabetes with optimal and suboptimal glycaemic control: A real-world study of more than 30 000 patients in a us electronic health record database. *Diabetes Obes Metab* 2020;22:622–30.

[4] Grimaldi A, Sachon C, Halbron M, Sola A, Elgrably F, Slama G. Insulinothérapie du diabète de type 1, traité de diabétologie. *Med Sci Flammarion* 2° Edit 2009;5:134–50.

[5] Bolli GB, Porcellati F, Lucidi P, Fanelli CG. The physiological basis of insulin therapy in people with diabetes mellitus. *Diabetes Res Clin Pract* 2021;175:108839.

[6] Renard E, Ikegami H, Daher Vianna AG, Pozzilli P, Brette S, Bosnyak Z, et al. The SAGE study: global observational analysis of glycaemic control, hypoglycaemia and diabetes management in T1DM. *Diabetes Metab Res Rev* 2021;37:e3430, <http://dx.doi.org/10.1002/dmrr.3430>.

[7] Ebekozien O, Mungmode A, Sanchez J, Rompicherla S, Demeterco-Berggren C, Weinstock RS, et al. Longitudinal trends in glycemic outcomes and technology use for over 48,000 people with type 1 diabetes (2016–2022) from the T1D

exchange quality improvement collaborative. *Diabetes Technol Ther* 2023;25:765–73.

[8] Battelino T, Alexander CM, Amiel SA, Arreaza-Rubin G, Beck RW, Bergenstal RM, et al. Continuous glucose monitoring and metrics for clinical trials: an international consensus statement. *Lancet Diabetes Endocrinol* 2023;11:42–57.

[9] Youssef JE, Castle J, Ward WK. A review of closed-loop algorithms for glycemic control in the treatment of type 1 diabetes. *Algorithms* 2009;2:518–32.

[10] Bergenstal RM, Garg S, Weinzimer SA, Buckingham BA, Bode BW, Tamborlane WV, et al. Safety of a hybrid closed-loop insulin delivery system in patients with type 1 diabetes. *JAMA* 2016;316:1407–8.

[11] Karageorgiou V, Papaioannou TG, Bellos I, Alexandraki K, Tentolouris N, Stefanadis C, et al. Effectiveness of artificial pancreas in the non-adult population: a systematic review and network meta-analysis. *Metabolism* 2019;90:20–30.

[12] Weisman A, Bai JW, Cardinez M, Kramer CK, Perkins BA. Effect of artificial pancreas systems on glycaemic control in patients with type 1 diabetes: a systematic review and meta-analysis of outpatient randomised controlled trials. *Lancet Diabetes Endocrinol* 2017;5:501–12.

[13] Peacock S, Frizelle I, Hussain S. A systematic review of commercial hybrid closed-loop automated insulin delivery systems. *Diabetes Ther* 2023;14:839–55.

[14] Lal RA, Basina M, Maahs DM, Hood K, Buckingham B, Wilson DM. One year clinical experience of the first commercial hybrid closed loop system. *Diabetes Care* 2019;42:2190–6.

[15] Breton MDS, Kovatchev BP. One year real-world use of the control-IQ advanced hybrid closed-loop technology. *Diabetes Technol Ther* 2021;23:601–8.

[16] Arrieta A, Battelino T, Scaramuzza AE, Da Silva J, Castañeda J, Cordero TL, et al. Comparison of MiniMed 780G system performance in users aged younger and older than 15 years: evidence from 12 870 real-world users. *Diabetes Obes Metab* 2022;24:1370–9.

[17] Henry Z, Villar Fimbel S, Bendelac N, Perge K, Thivolet C. Beneficial effects of automated insulin delivery over one-year follow-up in real life for youths and adults with type 1 diabetes irrespective of patient characteristics. *Diabetes Obes Metab* 2024;26:557–66.

[18] Schoelwer MJ, Kanapka LG, et al. Predictors of time-in-range (70–180 mg/dL) achieved using a closed-loop control system. *Diabetes Technol Ther* 2021;23(7):475–81.

[19] Braune K, Lal RA, Petruželková L, Scheiner G, Winterdijk P, Schmidt S, et al. Open-source automated insulin delivery: international consensus statement and practical guidance for healthcare professionals. *Lancet Diabetes Endocrinol* 2022;10:58–74.

[20] Franc S, Schaepepelynck P, Tubiana-Rufi N, Chaillous L, Joubert M, Renard E, et al. Mise en place de l'insulinothérapie automatisée en boucle fermée: position d'experts français, au nom de la SFD (groupe de travail télémédecine et technologies innovantes de la SFD), SFD paramédical, SFE, SFEDP, AJD, FFD, FENAREDIAM, CNPEDN. *Med Mal Metabol* 2020;14:51–40.

[21] Renard E, et al. Actualisation de la prise de position des experts français sur l'insulinothérapie automatisée en boucle fermée. *Med Mal Metab* 2024;18:343–93, <http://dx.doi.org/10.1016/j.mmm.2024.04.002>.

[22] Sherr JL, Heinemann L, Fleming GA, Bergenstal RM, Brutto-messo D, Hanaire H, et al. Automated insulin delivery: benefits, challenges, and recommendations. A Consensus Report of the Joint Diabetes Technology Working Group of the European Association for the Study of Diabetes and the American Diabetes Association. *Diabetologia* 2023;66:3–22.

[23] Nathan DM. Realising the long-term promise of insulin therapy: the DCCT/EDIC study. *Diabetologia* 2021;64:1049–58.

C. Thivolet

- [24] Ekhlaspour L, Town M, Raghinaru D, Lum JW, Brown SA, Buckingham BA. Glycemic outcomes in baseline hemoglobin A1c subgroups in the international diabetes closed-loop trial. *Diabetes Technol Ther* 2022;24:588–91 [Online ahead].
- [25] Riveline JP, Julla JB, Joubert M, et al. Glucose control in free-life under hybrid closed loop 6 and 12 months after initiation from a nation-wide survey. *Diabetes Technol Ther* 2024;26(S2):A1100 [abstract].