

Recommandations de consensus 2022 de l'ISPAD pour la pratique clinique

Exercice physique chez l'enfant et l'adolescent diabétique

Peter Adolfsson^{1,2} | Craig E. Taplin^{3,4,5} | Dessi P. Zaharieva⁶ | John Pemberton⁷ |
Elizabeth A. Davis^{3,4,5} | Michael C. Riddell⁸ | Jonathan McGavock^{9,10,11,12} |
Othmar Moser^{13,14} | Agnieszka Szadkowska¹⁵ | Prudence Lopez^{16,17} |
Jeerunda Santiprabhob^{18,19} | Elena Frattolin²⁰ | Gavin Griffiths²¹ | Linda A. DiMeglio²²

¹Department of Pediatrics, Kungsbäck Hospital, Sweden.

²Institute of Clinical Sciences, Sahlgrenska Academy, University of Gothenburg, Sweden.

³Department of Endocrinology and Diabetes, Perth Children's Hospital, Australia.

⁴Telethon Kids Institute, University of Western Australia, Australia.

⁵Centre for Child Health Research, University of Western Australia, Perth, Australia.

⁶Division of Endocrinology, Department of Pediatrics, Stanford University, School of Medicine, Stanford, CA, USA.

⁷Department of Endocrinology and Diabetes, Birmingham Women's and Children's Hospital, Birmingham, England.

⁸Muscle Health Research Centre, York University, Toronto, ON, Canada.

⁹Faculty of Kinesiology and Recreation Management, University of Manitoba, Winnipeg, MB, Canada.

¹⁰Diabetes Research Envisioned and Accomplished in Manitoba (DREAM) Theme, Children's Hospital Research Institute of Manitoba, Winnipeg, MB, Canada.

¹¹Department of Pediatrics and Child Health, Faculty of Health Sciences, University of Manitoba, Winnipeg, MB, Canada.

¹²Diabetes Action Canada SPOR Network, Toronto, ON, Canada.

¹³Division Exercise Physiology and Metabolism, Department of Sport Science, University of Bayreuth, Bayreuth, Germany

¹⁴Interdisciplinary Metabolic Medicine Trials Unit, Division of Endocrinology and Diabetology, Department of Internal Medicine, Medical University of Graz, Graz, Austria.

¹⁵Department of Pediatrics, Diabetology, Endocrinology & Nephrology
Medical University of Lodz, Lodz, Poland.

¹⁶Department of Paediatrics, John Hunter Children's Hospital, Newcastle, New South Wales, Australia.

¹⁷University of Newcastle, Newcastle, New South Wales, Australia.

¹⁸Siriraj Diabetes Center, Faculty of Medicine Siriraj Hospital Mahidol University, Bangkok, Thailand.

¹⁹Division of Endocrinology and Metabolism, Department of Pediatrics, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, Bangkok, Thailand.

²⁰Board of Diabete Italia, Vicepresident of Diabete Forum.

²¹Founder of DiAthlete & League of DiAthlete global programme.

²²Department of Pediatrics, Division of Pediatric Endocrinology and Diabetology, Indiana University School of Medicine, Riley Hospital for Children, Indianapolis, IN, USA.

Conflits d'intérêts: PA a reçu des honoraires de conférencier de Dexcom, Eli Lilly, Insulet, Novo Nordisk, Sanofi et Tandem au cours des 24 derniers mois. Il a également reçu des honoraires de consultant et/ou occupé des fonctions de conseil pour Dexcom, Eli Lilly, Medtronic, Novo Nordisk et Roche. CET a reçu des honoraires de Medtronic Diabetes Australie, Insulet Australie et Eli Lilly Australie.

DPZ a reçu des honoraires de conférencière de Medtronic Diabetes, Ascensia Diabetes et Insulet Canada, une aide à la recherche du Helmsley Charitable Trust et une bourse de recherche de l'ISPAD-JDRF. Elle est par ailleurs membre du conseil consultatif de Dexcom.

JP a travaillé pour Medtronic de 2011 à 2016 et a participé à deux événements pédagogiques sur le système de SGC SIGMA sponsorisés par Dexcom en 2017 et 2019. EAD a reçu des honoraires d'Eli Lilly Australie au cours des 24 derniers mois.

MCR a reçu des honoraires de conférencier de Novo Nordisk, Eli Lilly, Dexcom et Roche au cours des 24 derniers mois. Il a également reçu des

honoraires de consultant et/ou occupé des fonctions de conseil pour Zealand Pharma, Zucara Therapeutics, Eli Lilly et Indigo Diabetes.

JMcG n'a aucun conflit d'intérêts à déclarer.

OM a reçu des honoraires de conférencier de Medtronic, Sanofi, Novo Nordisk et TAD Pharma. Subvention et aide à la recherche : Novo Nordisk, Sanofi, Abbott, Medtronic, Dexcom, Maisels, Horizon 2020, EFSO.

AS a reçu des honoraires de conférencière de Medtronic Diabetes, Ascensia Diabetes, Abbott, Dexcom, Roche Diabetes, Novo Nordisk, Eli Lilly et Sanofi, a été membre du conseil consultatif de Medtronic Diabetes, Ascensia Diabetes, Abbott, Dexcom, Roche Diabetes, Novo Nordisk, Eli Lilly et a reçu une subvention de recherche de Roche Diabetes.

PL n'a aucun conflit d'intérêts à déclarer.

JS a reçu des honoraires de conférencière de Sanofi, Novo Nordisk et Ferring et a été membre du conseil consultatif de Thaïlande pour le liraglutide et Norditropine (Novo Nordisk).

EF n'a aucun conflit d'intérêts à déclarer.

GG n'a aucun conflit d'intérêts à déclarer.

1. NOUVEAUTÉS OU DIFFÉRENCES

- Des progrès ont été réalisés dans la prise en charge du diabète et de l'activité physique depuis les précédentes recommandations.¹ Un e-book compilant dix articles sur l'activité physique et le diabète de type 1 (DT1) a été publié ;² les données épidémiologiques et lacunes de connaissance et de recherche de ces articles ont été révisées récemment (section 6).³ L'impact de l'âge, du sexe et de la forme physique sur les réponses glycémiques à l'activité physique a été décrit⁴ et une approche structurée de la consultation autour de l'exercice (section 3)⁵ a été proposée. Enfin, les bénéfices et les limites des avancées technologiques dans le contexte de l'activité physique ont été décrits dans cette compilation.⁶ À noter que bon nombre des nouvelles données disponibles proviennent de populations adultes et non pédiatriques.
- Les présentes recommandations abordent une nouvelle thématique centrée sur les stratégies de gestion de la glycémie chez les sportifs vivant avec le DT1, en partie fondée sur un essai comparatif randomisé (ECR)⁷ portant sur l'impact de l'hyperglycémie aiguë. Des recommandations thérapeutiques générales pour les sportifs⁸ ont été décrites et une revue s'est par la suite intéressée aux sportifs de compétition atteints de DT1 (sections 5 et 8).⁹
- Plusieurs développements technologiques apparus depuis les recommandations de 2018 ont été incorporés dans cette nouvelle version (section 7). Plus précisément, un groupe international a publié une déclaration de positionnement proposant des approches pratiques de gestion de la glycémie avant, pendant et après un exercice physique, en utilisant la surveillance du glucose en continu (SGC) en temps réel et intermittente (section 6).¹⁰ Les systèmes en boucle fermée ont également été évalués dans le contexte de l'activité physique et dans des ECR, établissant les premiers jalons vers une gestion optimale de la glycémie en lien avec l'exercice physique (section 7).¹¹⁻¹⁶

2. RÉSUMÉ ET RECOMMANDATIONS

Ces recommandations pratiques sont destinées à être appliquées aussi bien dans des environnements riches en ressources que dans des

contextes où les ressources sont limitées (ces derniers étant abordés plus en détail dans le chapitre 25 des recommandations de consensus 2022 de l'ISPAD sur la prise en charge des enfants et des adolescents diabétiques dans les contextes de ressources limitées). La pratique d'une activité physique est difficile à gérer lorsque l'on est atteint de diabète. C'est pourquoi les recommandations proposées doivent être considérées comme un point de départ à adapter aux besoins uniques de chaque enfant et adolescent.

- L'exercice physique est un élément majeur de la prise en charge et de la réduction des facteurs de risque cardiométabolique pour les enfants et les adolescents atteints de DT1 ou de diabète de type 2 (DT2). Les enfants et les adolescents atteints de DT1 et de DT2 doivent être encouragés et soutenus pour atteindre les 60 minutes quotidiennes d'activité physique modérée à intense recommandées. **B**
- Il est recommandé d'aborder régulièrement la question de l'exercice dans le cadre de la prise en charge habituelle du diabète avec les enfants et les adolescents atteints de DT1 et de DT2. **E**
- Le risque d'hypoglycémie augmente pendant, immédiatement après et jusqu'à 24 heures après l'exercice en raison de la sensibilité accrue à l'insuline. **A**
- Une hypoglycémie sévère survenue dans les précédentes 24 heures est généralement une contre-indication à l'activité physique. **A**
- Quelle que soit la forme d'exercice physique pratiqué, la personne doit avoir à disposition des glucides à indice glycémique élevé pour prévenir et traiter une hypoglycémie. **E**
- L'autosurveillance glycémique (ASG), la SGC intermittente ou la SGC sont des techniques essentielles pour optimiser le temps dans la plage cible et prévenir l'hypoglycémie pendant et après une séance d'exercice pour tous les enfants et les adolescents atteints de diabète. **A**
- Pendant l'exercice, il est fortement recommandé aux enfants et aux adolescents atteints de DT1 d'utiliser la SGC, qui est la modalité la plus utile pour l'utilisateur et pour son tuteur, car les symptômes de l'hypoglycémie et de l'hyperglycémie sont parfois difficiles à repérer. **A**
- Lors d'un exercice aérobique prolongé, les mesures de SGC peuvent prendre du retard et il est recommandé de confirmer les taux de glucose par des piqûres du doigt en cas d'hypoglycémie récente ou actuelle. **A**
- De multiples stratégies d'ajustement de l'insuline et nutritionnelles

peuvent être combinées pour maintenir les taux de glucose dans une plage adaptée à la pratique d'une activité physique, à savoir entre 5,0 et 15,0 mmol/l (90-270 mg/dl), et prévenir une hypoglycémie provoquée par l'exercice. **A**

- Il est généralement recommandé de mesurer le taux de cétones, de préférence dans le sang plutôt que dans l'urine, avant de commencer un exercice physique chez les enfants et les adolescents atteints de DT1 si les valeurs glycémiques indiquent une possible carence en insuline, car une cétonémie élevée avant un exercice peut présenter un risque. **D**
- Chez les enfants et les adolescents atteints de DT1 et de DT2, la pratique d'un exercice physique est contre-indiquée en cas de cétonémie $\geq 1,5$ mmol/l ou de cétonurie ≥ 2 ou 4,0 mmol/l. Si la cétonémie est comprise entre 0,6 et 1,4 mmol/l, l'exercice doit être repoussé jusqu'à ce que la cause de l'hypercétonémie ait été évaluée et qu'un bolus d'insuline équivalent à la moitié de la dose de correction habituelle de la personne (ou 0,05 U/kg) ait été administré. **B**
- Le type et la quantité de glucides consommés en lien avec l'exercice doivent être adaptés à l'activité spécifique. **B**
- Une activité aérobie d'intensité modérée, par exemple 15 à 45 minutes de marche ou de vélo entre les repas, réduit sans risque les glycémies $> 10,5$ mmol/l (190 mg/dl). **B**
- Il convient d'éviter de consommer de l'alcool avant et pendant une séance d'activité physique car cela peut accroître le risque d'hypoglycémie, y compris pendant la nuit suivant l'exercice, et dégrader les performances. **A**
- L'insuline doit être administrée dans des zones qui ne sont pas engagées activement dans la contraction musculaire. **B**
- Les ajustements de la dose d'insuline sont nécessaires le plus souvent pour les exercices aérobies, et moins fréquemment pour les exercices de très haute intensité ou anaérobies qui sont plus communément associés à une élévation de la glycémie. Dans ce cas, une dose d'insuline de correction de l'hyperglycémie peut être envisagée après la séance. **B**
- Les récentes avancées technologiques, y compris les pompes à insuline en boucle fermée hybride avec délivrance automatisée d'insuline, apportent un certain nombre d'avantages aux enfants et aux adolescents atteints de DT1 dans le cadre de l'activité physique. Leur utilisation optimale durant l'exercice reste à élucider, et les nouveaux systèmes nécessiteront des approches individualisées, mais les bénéfices en termes de réduction des hypo et hyperglycémies après l'exercice, et en particulier pendant la nuit, sont clairs. **B**
- Les enfants et les adolescents atteints de DT1 et DT2 dont la maladie est particulièrement instable, qui présentent des complications du diabète fréquentes et sévères (hypoglycémie sévère, acidocétose récurrente) ou des complications chroniques avancées devraient réduire ou arrêter l'exercice intensif jusqu'à ce que leur contrôle métabolique soit amélioré et qu'un plan spécifique de gestion de l'activité physique ait été établi. Les exercices de haute intensité sont généralement contre-indiqués pour les personnes qui présentent une rétinopathie avancée ou proliférante. **C**
- Un épisode d'hypoglycémie sévère ou des hypoglycémies

récurrentes dans les 24 heures précédentes constituent une contre-indication temporaire à l'activité physique. C Il en va de même en cas d'hyperglycémie $\geq 15,0$ mmol/l (≥ 270 mg/dl) accompagnée d'une cétonémie ou cétonurie due à une carence en insuline, D une blessure aiguë ou une infection. **C**

À noter qu'un grand nombre des présentes recommandations s'appuient sur des données issues d'études menées sur des adultes atteints de DT1. Par conséquent, les praticiens et les soignants qui prennent en charge des enfants et des adolescents doivent mettre en application les résultats probants, en les adaptant au contexte local lorsque c'est nécessaire. En outre, beaucoup d'études concernaient essentiellement des participants de sexe masculin, et leurs conclusions pourraient donc ne pas s'appliquer de manière universelle aux jeunes filles. Enfin, il s'agit de recommandations générales et il convient de souligner que les réponses physiologiques à l'exercice physique sont propres à l'individu, et que la gestion optimale peut donc varier selon les personnes ou selon les situations pour une même personne. La classification ci-dessus reflète ces incertitudes.

3. INTRODUCTION

La pratique régulière d'une activité physique est l'une des pierres angulaires de la prise en charge du diabète.^{17,18} Or, les niveaux d'activité physique chez les enfants ont diminué au fil des années dans de nombreux pays, et moins de 10 % de la population mondiale de jeunes respecte les Directives en matière de mouvement sur 24 heures.¹⁹ Outre la baisse de l'activité physique, une augmentation de l'indice de masse corporelle (IMC) et une diminution de la capture de l'oxygène (indicateur de forme physique) ont été observées chez des jeunes atteints de DT1 et de DT2, augmentant le risque de maladie cardiovasculaire.²⁰⁻²⁴ Ces résultats nécessitent de mettre en place des mesures car le niveau d'activité physique des enfants reste souvent le même à l'âge adulte.^{25,26}

La pratique régulière d'une activité physique comporte des bénéfices démontrés sur la santé physique et mentale de tous les jeunes. C'est pourquoi l'Organisation mondiale de la Santé a émis un certain nombre d'orientations:²⁷

- Les enfants et les adolescents devraient pratiquer au moins 60 minutes d'activité physique modérée à intensive, essentiellement aérobie, tous les jours de la semaine.
- Des activités aérobies intensives et des activités de renforcement musculaire et osseux devraient être intégrées au programme d'exercice au moins trois jours par semaine.
- Les enfants et les adolescents devraient limiter leur temps de sédentarité, en particulier le temps d'écran récréatif.

Il n'est pas surprenant que les bienfaits de l'activité physique aient également été documentés chez des enfants atteints de maladies chroniques.

La pratique régulière d'une activité physique comporte de multiples bénéfices pour la santé physique et mentale des jeunes atteints de DT1 et de DT2, notamment:²⁸⁻³⁵

- Diminution du taux d'HbA1c d'environ 0,3 à 0,5 % selon le niveau de

référence et la quantité d'activité physique, en particulier chez les enfants et les adolescents

- Réduction du risque de mortalité prématurée toutes causes confondues et par maladie cardiovasculaire
- Amélioration de la condition cardiovasculaire et cardiorespiratoire
- Amélioration de la masse et de la force musculaires
- Diminution de l'adiposité
- Augmentation de la densité minérale osseuse
- Amélioration de la sensibilité à l'insuline
- Amélioration du profil de risque cardiovasculaire
- Amélioration du bien-être général
- Prolongation possible de la rémission chez les enfants présentant un diabète sucré récent

En dépit de ces bénéfices, un très petit nombre de personnes, diabétiques ou non, respectent les recommandations d'activité physique. Les enfants de moins de sept ans atteints de DT1 pratiquent moins d'activité physique au quotidien que des enfants du même âge non diabétiques.³⁶ De nombreux adolescents atteints de DT145, et plus encore de DT246, ont des taux de sédentarité plus élevés et pratiquent moins d'activité physique modérée à intensive que les jeunes non diabétiques.³⁷ Les enfants et les adolescents atteints de diabète peuvent ainsi être généralement moins actifs physiquement que leurs pairs.^{37,38} Dans la population générale, les raisons sont multifactorielles : manque de temps ou de motivation, accès limité aux structures^{39,40} ou handicap.⁴¹ On retrouve les mêmes freins pour les jeunes atteints de diabète, auxquels s'ajoutent de nombreux obstacles spécifiques à la maladie. Ces obstacles comprennent les hypoglycémies récurrentes et la crainte d'une hypoglycémie, une HbA1c élevée et/ou une importante variabilité glycémique, des difficultés liées à l'image corporelle, la planification nécessaire, l'hésitation des parents, les déterminants sociaux de la santé et le manque général de connaissances sur la pratique d'une activité physique dans le contexte du diabète.^{42,43}

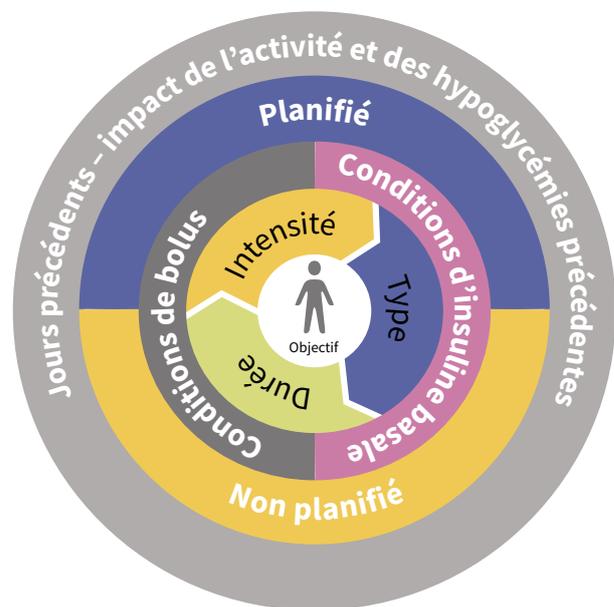
Incorporer une activité physique régulière dans la vie des enfants et des adolescents atteints de diabète n'est pas simple car il n'existe pas d'approche « universelle ». Les professionnels de santé doivent être en mesure de motiver et conseiller avec assurance les enfants et les adolescents atteints de diabète et leurs soignants dans l'optique d'un changement de comportement durable, ils doivent disposer des ressources nécessaires et responsabiliser les jeunes pour les amener à intégrer l'activité physique et l'exercice à leur quotidien ainsi que dans leurs plans d'autogestion. Il existe encore de nombreuses lacunes de connaissances en ce qui concerne l'activité physique et le diabète pédiatrique. Sont par exemple insuffisants les ECR et les vastes études prospectives longitudinales utilisant des mesures en série appropriées chez des personnes de sexe et d'âge différents, qui permettraient de déterminer la quantité d'activité physique associée à des résultats de santé généraux et spécifiques au diabète. Avec l'émergence de nouvelles technologies, des études sont également nécessaires pour comprendre l'impact de leur utilisation dans le cadre de la pratique régulière d'exercice et d'activité physique sur des critères cardiométaboliques et psychologiques. Enfin, à notre époque où les soins et la recherche sont centrés sur la personne, il devient crucial d'inclure des personnes atteintes de diabète, avec leur conjoint et leurs soignants, dans la

planification et la réalisation d'études portant sur l'activité physique dans le contexte du diabète.³

Les présentes recommandations couvrent de nombreux aspects étendus de l'exercice physique et du diabète chez les enfants et les adolescents atteints de DT1 et de DT2. Elles ont vocation à servir de point de départ pour les professionnels de santé, permettant de progresser vers une personnalisation plus détaillée de la gestion de l'activité physique pour des scénarios d'exercice et des schémas de gestion du diabète plus spécifiques.

4. APPROCHE DE LA CONSULTATION ET DE L'ASSISTANCE

Figure 1. Approche structurée des consultations autour de l'exercice physique (travail original de Chetty et al.).⁵ © 2019 Chetty, Shetty, Fournier, Adolfsson, Jones et Davis. Cet article en accès libre est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution (CC-by). L'utilisation, la distribution et la reproduction sur d'autres forums sont autorisées à condition que le ou les auteurs originaux et le ou les détenteurs des droits d'auteurs soient cités et que la publication originale dans cette revue soit mentionnée, conformément à la pratique universitaire admise. Toute utilisation, distribution ou reproduction ne respectant pas ces conditions est interdite.



L'approche structurée de la consultation clinique et de la planification de l'exercice pour les jeunes diabétiques nécessite un processus progressif logique. Le dialogue débute par l'exploration des objectifs personnalisés de l'activité physique et une discussion sur la physiologie de l'exercice et les excursions glycémiques prévisibles. L'étape suivante consiste à élaborer un cadre méthodique englobant la surveillance du glucose, la stratégie de dosage de l'insuline et la planification des apports nutritionnels pour sécuriser la pratique et prévenir l'hypoglycémie chez le jeune atteint de DT1.⁵ Pour les enfants et les adolescents atteints de DT2, l'exploration des freins et des étapes du changement de comportement vers une

augmentation de l'activité physique régulière peut faciliter la conception conjointe de plans individualisés de changement comportemental.⁴⁴ Les enfants et les adolescents atteints de DT2 sous insulinothérapie doivent pouvoir discuter dans un environnement bienveillant de l'intégration de l'exercice à leurs stratégies de dosage. Les modèles ainsi établis pourront ensuite être stratifiés pour prendre en compte les exercices planifiés et non planifiés. Lorsqu'un exercice n'est pas planifié, l'ajustement préalable de la dose d'insuline est moins flexible, ce qui nécessite de mettre l'accent sur les apports nutritionnels et une surveillance vigilante du glucose. Le détail des preuves en faveur d'ajustements spécifiques de la dose d'insuline, des apports nutritionnels ou énergétiques et de la surveillance du glucose permettant d'orienter la pratique de l'exercice est présenté dans les sections correspondantes ci-après.

Compte tenu de la sédentarité d'un grand nombre d'enfants atteints de diabète, une planification réfléchie est indispensable pour adopter en toute sécurité et conserver un mode de vie actif. L'approche suivante peut être appliquée aussi bien pour les jeunes habituellement actifs que pour ceux qui sont plus sédentaires. Dans la discussion avec le jeune diabétique, il est recommandé de progresser depuis le centre vers l'extérieur de la cible pour établir un plan individualisé (figure 1).⁵

4.1 Étape 1. Établissement et ajustement d'objectifs d'activité centrés sur la personne.

Tout entretien clinique doit débiter par une approche centrée sur la personne des buts et de la motivation de l'exercice. Le clinicien peut orienter la discussion en explorant des facteurs propres à la personne. Il peut s'agir d'un désir d'améliorer sa condition physique ou sa composition corporelle, de favoriser l'inclusion sociale à travers des activités avec les pairs ou des sports d'équipe, d'améliorer sa glycémie, d'atteindre un haut niveau spécifique au sport pratiqué ou une performance d'athlète et/ou du plaisir général de la pratique.

Les jeunes atteints de DT1 ont tendance à être en surpoids^{45,46} et la plupart des jeunes atteints de DT2 sont en surpoids ou obèses.⁴⁷⁻⁴⁹ Lorsque l'on cherche à améliorer la composition corporelle, une stratégie impliquant la réduction des doses d'insuline diminuera la nécessité de prévenir ou de traiter les hypoglycémies par des glucides supplémentaires. Lors de la consultation initiale, il convient d'accorder une attention particulière aux obstacles généraux connus à la pratique de l'exercice,^{42,50-52} en particulier chez les adolescents, y compris les freins personnels (motivation, aptitudes motrices, image corporelle), sociaux, environnementaux et liés à l'emploi du temps.⁵³ L'entretien doit aussi inclure une évaluation psychosociale et des conseils alimentaires. Il est important de prendre en considération la condition physique initiale, car une mauvaise condition de départ est associée à une plus forte variabilité glycémique chez les jeunes atteints de DT1.⁵⁴ Chez les jeunes en moins bonne condition physique, les réserves de glycogène musculaires et hépatiques seront utilisées (dans une plus grande proportion des dépenses énergétiques totales) en priorité, par rapport à l'oxydation des graisses. De plus, pour le même effort, ils travailleront nécessairement à plus haute intensité, ce qui est associé à un risque d'hypoglycémie post-exercice.⁵⁵ L'éducation des sportifs doit également couvrir la planification de la gestion pendant les séances d'entraînement et les compétitions. Un sportif qui reçoit un diagnostic de diabète doit être accompagné

pour reprendre son entraînement habituel dès que possible. Les informations doivent donc aussi être fournies à son entraîneur.

Pour les enfants et les adolescents atteints de DT1 qui pratiquent des sports en compétition, lorsque le but est une performance optimale, il peut être nécessaire d'augmenter les apports énergétiques pour l'exercice, et globalement de consommer davantage de glucides et de protéines au cours de la journée. Les doses d'insuline peuvent ainsi nécessiter un ajustement minimal ou devoir être augmentées,⁵⁶ selon l'équilibre entre l'augmentation des apports nutritionnels et l'amélioration de la sensibilité à l'insuline résultant de l'accroissement de l'intensité globale ou de la quantité d'effort. Les diététiciens doivent être impliqués étroitement dans la planification de la nutrition et des doses d'insuline nécessaires dans le cadre d'un plan d'entraînement physique pour les enfants et les adolescents sportifs atteints de DT1.

Dans la plupart des cas, l'objectif le plus simple est d'inciter les jeunes à adopter un mode de vie actif et à y prendre plaisir. L'hypoglycémie est clairement associée à une diminution de la capacité d'exercice. L'impact de l'hyperglycémie est moins évident ; la synthèse des données probantes ne plaide pas en faveur d'un effet franchement néfaste d'une hyperglycémie légère à modérée sur la performance physique.⁷ C'est donc la prévention de l'hypoglycémie et la sécurité générale qui doivent prévaloir et constituer la priorité du plan de gestion. Lorsqu'un enfant ou un adolescent atteint de DT1 pratiquant un sport en compétition a également un objectif d'amélioration de sa condition physique, il doit discuter avec ses parents et les professionnels de santé des améliorations de la sensibilité à l'insuline qui vont se produire au fil des semaines et des diminutions de la dose totale quotidienne qui peuvent être nécessaires, quel que soit le schéma d'insulinothérapie.

4.2 Étape 2. Discussion sur le type d'exercice.

Le type et la durée de l'exercice ont des répercussions sur les excursions glycémiques aiguës attendues chez les enfants et les adolescents atteints de DT1, comme indiqué dans la section correspondante de ce chapitre.⁵⁷ Les chutes de glycémie prévisibles doivent être intégrées à un plan élaboré autour d'une activité générale aérobie, avec des réductions proportionnées de la dose d'insuline avant l'exercice et de l'exposition à l'insuline basale (lorsque c'est possible et en laissant suffisamment de temps aux ajustements pour être efficaces), accompagnées d'une stratégie appropriée d'apports énergétiques. Le risque d'hypoglycémie augmente également avec la durée de l'exercice. Même à faible intensité, un exercice prolongé nécessite inévitablement des ajustements de l'insuline et des apports énergétiques, qui peuvent être cumulés et progressifs tout au long de la séance.⁵⁸ À l'inverse, une hyperglycémie aiguë peut survenir lors d'un exercice de haute intensité, en particulier si la personne est à jeun. La réponse glycémique à un bolus d'insuline et à l'ingestion de glucides est beaucoup moins prévisible. Les personnes atteintes de diabète doivent être informées de ce phénomène pour pouvoir l'anticiper. Cette hyperglycémie aiguë peut être traitée par des doses de correction conservatrices,⁵⁹ par des composantes d'activité aérobie de faible intensité augmentant l'élimination du glucose sans augmenter le taux de libération du glucose, ou par des

périodes de récupération qui abaissent les taux sériques de lactate⁶⁰ et de catécholamines. Ces excursions glycémiques aiguës sont moins fréquentes chez les adolescents atteints de DT2.

4.3 Étape 3. Discussion sur le moment de l'exercice et l'action de l'insuline.

Chez les jeunes atteints de DT1 et certains jeunes atteints de DT2, l'exercice ou l'activité physique générale intervient à un moment où il reste de l'insuline active résiduelle d'un bolus récent (« insuline embarquée ») dans l'organisme. C'est par exemple le cas des sports pratiqués dans le cadre scolaire, des pauses déjeuner récréatives, des sports d'équipe pratiqués après l'école ou des activités ludiques généralement spontanées. Il est donc indispensable de discuter du temps d'action de l'insuline avec les jeunes et leurs parents, et de son incidence sur les réponses glycémiques à l'exercice. L'activité des analogues à courte durée d'action est généralement maximale 60 à 100 minutes après l'injection et se prolonge jusqu'à cinq heures. Idéalement, la gestion de la glycémie pour l'exercice devrait avoir lieu lorsque l'insuline d'action rapide dans la circulation est à un niveau minimal, voire nul. Or, ce scénario est plutôt rare chez les jeunes qui mangent fréquemment et font rarement de l'exercice avant leur première dose d'insuline prandiale de la journée, ou plusieurs heures après leur dernier repas ou en-cas.

Lorsqu'un exercice est prévu dans les deux ou trois heures qui suivent un repas, on peut envisager d'ajuster la dose d'insuline correspondante comme une dose « pré-exercice ». Des suggestions générales, fondées sur les résultats probants d'essais cliniques, sont détaillées ci-après dans les tableaux A et B. Les recommandations varient cependant selon que l'activité prévue entraînera ou non une chute de la glycémie (voir l'étape 2 ci-dessus) et selon la durée de l'exercice, si elle est connue à l'avance. Des réductions drastiques de l'insuline prandiale plus de 90 minutes avant l'exercice peuvent réduire le risque d'hypoglycémie pendant ou immédiatement après l'exercice, mais peuvent aussi être associées à une hyperglycémie avant le début de l'activité. Ces résultats possibles doivent être pondérés et hiérarchisés en fonction des objectifs personnalisés établis et convenus avec la personne diabétique, comme indiqué à l'étape 1 ci-dessus.

Puisque les apports énergétiques destinés à maintenir la glycémie dans l'objectif pendant l'exercice sont nécessairement fonction de l'insulinémie prévalente, les apports en glucides (détaillés plus loin dans ce chapitre) peuvent être ajustés ; la quantité de glucides nécessaire est généralement moindre (dans la fourchette de 0,3 à 0,5 g/kg/heure) lorsque seule de l'insuline basale est active. Par comparaison, il peut être nécessaire de doubler (au moins) ces quantités chez les adultes lorsque l'exercice a lieu au moment du pic de l'analogue d'insuline à courte durée d'action.⁵⁷ La personne doit bien comprendre qu'un apport de 0,3 à 0,5 g/kg/heure de glucides peut permettre d'éviter une hypoglycémie. Cependant, lorsque l'objectif est une performance optimale ou un effort maximal, il est préférable d'augmenter les apports énergétiques. Cette approche est détaillée dans les recommandations spécifiques ci-après, et les taux de glucose mesurés apportent des indications complémentaires permettant d'ajuster précisément les apports requis.

Lors de l'élaboration d'un plan avec un jeune et sa famille, ces principes doivent être discutés par l'équipe de diabétologie pour l'activité planifiée. Le moment de la journée peut alors être étudié dans le détail. Plusieurs études ont clairement établi que la pratique d'un exercice d'intensité faible ou élevée pendant l'après-midi est associée à un risque plus important d'hypoglycémie nocturne tardive, souvent 7 à 11 heures plus tard.⁶¹ L'entretien peut alors être mis à profit pour planifier d'éventuels ajustements de la dose d'insuline pour la soirée, par exemple des ajustements du taux basal pour la nuit,⁶² la programmation de modes de suspension prédictive pour les personnes utilisant une pompe ou un ajustement de la dose basale d'analogue de l'insuline pour la soirée pour les personnes traitées par injections, qui peut se faire en fractionnant la dose basale en deux doses quotidiennes, lorsqu'une diminution de la dose basale de la nuit n'affecte pas la journée complète. À ce stade, il convient de rappeler aux personnes diabétiques et à leurs soignants qu'un exercice de haute intensité l'après-midi qui provoque une hyperglycémie aiguë est pourtant associé à un risque d'hypoglycémie tardive pendant la nuit. Une stratégie pour réduire le risque d'hypoglycémie nocturne peut donc consister à pratiquer l'exercice plus tôt dans la journée. Les données probantes sur les bonnes pratiques de conseil sur l'insuline aux jeunes atteints de DT2 qui pratiquent une activité physique l'après-midi sont insuffisantes.

4.4 Étape 4. Contextualisation des risques d'hypoglycémie et considérations relatives à la sécurité.

Une hypoglycémie récente avant un exercice est associée à un risque plus important de nouvelle hypoglycémie (observation chez des adultes)⁶³ imputable à l'atténuation de la réponse contre-régulatrice et de la déplétion du glycogène. Une hypoglycémie sévère survenue dans les précédentes 24 heures est généralement une contre-indication à l'exercice, et un contexte de méconnaissance de l'hypoglycémie doit déclencher des explorations et figurer dans un plan d'action final, car cela peut amplifier l'augmentation du risque d'hypoglycémie après l'exercice. Pour les personnes concernées, on discutera d'une augmentation des apports nutritionnels ou de diminutions plus importantes de la dose d'insuline. Ce risque peut être particulièrement pertinent pendant le sommeil nocturne, et associé à une altération de la contre-régulation chez les jeunes atteints de DT1.⁶⁴

Ces discussions peuvent logiquement conduire à un entretien sur la surveillance du glucose, clef de voûte d'une gestion glycémique optimale pendant et après la séance. La SGC peut fournir des données, y compris des alertes, propres à étayer une gestion incrémentale, notamment par des apports glucidiques nécessaires pour maintenir une glycémie optimale, comme détaillé ci-après. Pour les personnes qui n'utilisent pas la SGC, la glycémie doit être mesurée aussi souvent que nécessaire, en suivant les recommandations de gestion du tableau 4 ci-après qui préconisent un test par piqûre du doigt toutes les 30 minutes.

4.5 Étape 5. Examen des résultats et ajustements complémentaires du plan.

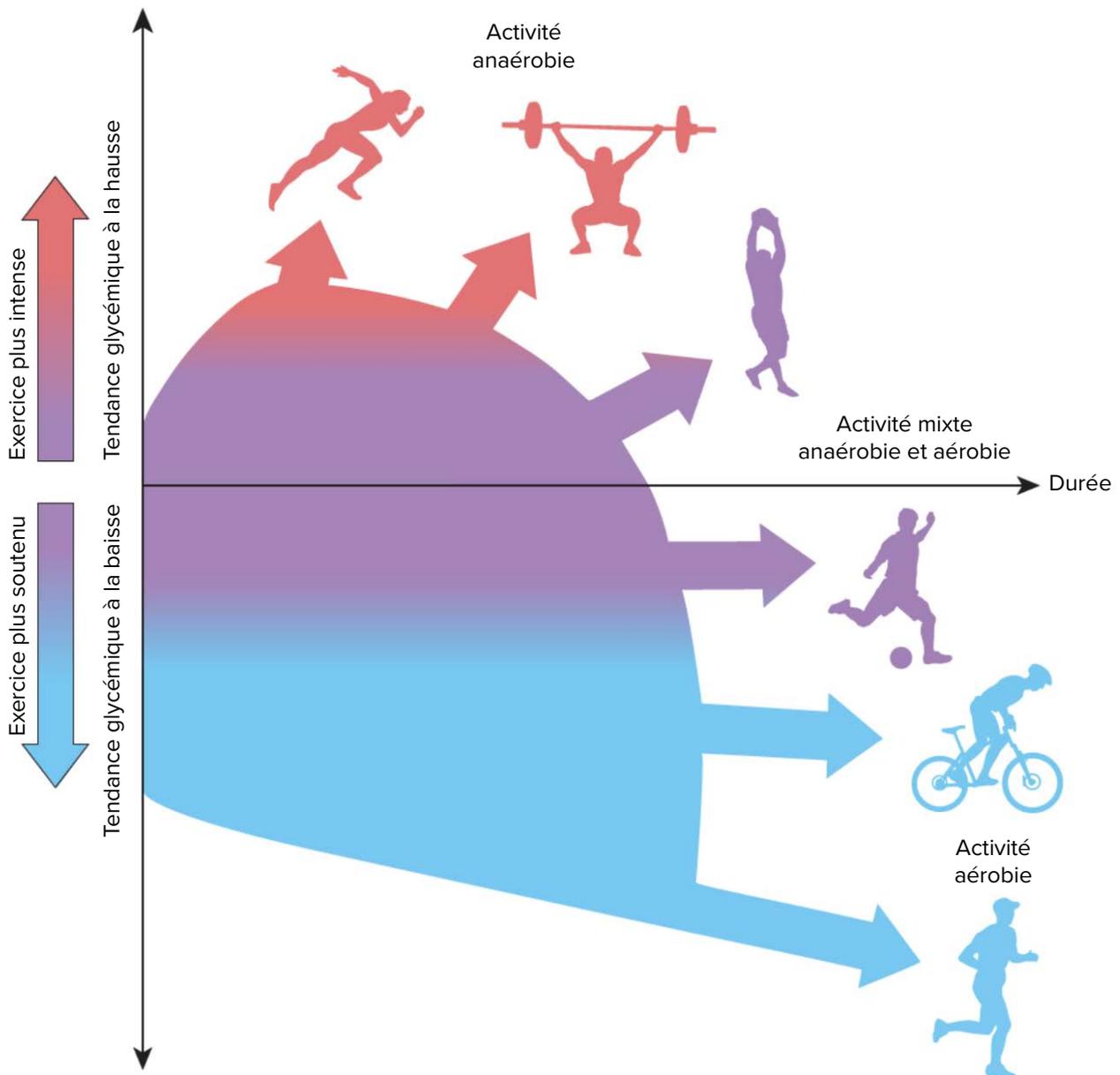
Une consultation de suivi doit être programmée avec les personnes diabétiques et leur famille. Elle devrait offrir la possibilité d'échanger des informations plus détaillées sur l'insuline, les apports énergétiques

et les taux de glucose avant, pendant et après un exercice. Les fonctions de téléchargement des pompes et des systèmes de SGC modernes permettent aux jeunes atteints de diabète comme aux professionnels de santé d'accéder facilement à ces précieuses informations.

Comme établi dans les recommandations et les tableaux ci-dessous, toute stratégie de dosage ou d'apports énergétiques doit être considérée comme un point de départ, car elles sont basées sur un consensus et sur les réponses générales fournies par des études cliniques. Les réponses individuelles à l'exercice varient considérablement par rapport à ces

valeurs moyennes,⁶⁵ aussi les professionnels de santé et les personnes atteintes de diabète doivent-ils être prêts à modifier et réviser leur plan sur la base de l'expérience pratique, pour suivre l'évolution de leurs objectifs (voir l'étape 1), lorsque l'enfant grandit, à mesure de l'amélioration de la condition physique ou encore lorsque la modalité de remplacement de l'insuline change. Par conséquent, un cycle d'examen clinique intégrant l'ensemble de ces facteurs doit être entrepris lorsque nécessaire, ou plus fréquemment si désiré.

Figure 2. D'une manière générale, les exercices aérobies sont associés à une chute de la glycémie, tandis que les formes anaérobies ou mixtes peuvent être associées à une baisse moins importante, voire à une hausse de la glycémie. Les réponses individuelles dépendent de divers autres facteurs, comme la durée et l'intensité de l'activité, les taux initiaux de glycémie, la condition physique, le moment de la journée où l'exercice est pratiqué, les concentrations circulantes d'insuline, de glucagon et d'autres hormones contre-régulatrices et l'état nutritionnel de la personne. Reproduction avec l'autorisation de Riddel MC. Management of exercise for children and adolescents with type 1 diabetes mellitus. In: *UpToDate, Post TW* (Ed), UpToDate, Waltham, MA. (Consulté le 08/02/2022.) © 2018 UpToDate, Inc.



5. PHYSIOLOGIE

On considère l'exercice comme une forme structurée d'activité physique qui peut être classée comme principalement aérobie (métabolisme oxydatif) ou anaérobie (métabolisme non oxydatif) en raison des principaux systèmes d'apports énergétiques mis en œuvre et de la manière dont ces apports sont métabolisés. Lors des activités aérobies telles que la marche, le jogging et le vélo d'intensité légère à modérée, le rythme cardiaque et la consommation d'oxygène augmentent par rapport à l'état de repos, tandis que les lipides (c.-à-d. les acides gras libres et les triglycérides des muscles) et les glucides (glucose sanguin et glycogène musculaire) sont oxydés.⁶⁶ Dans les activités anaérobies de courte durée comme le sprint ou l'haltérophilie, les muscles squelettiques produisent de l'énergie à partir de la glycolyse anaérobie, de la phosphocréatine et de l'adénosine triphosphate.⁶⁶ La plupart des formes d'exercice, de sport, de jeu et d'activité physique quotidienne incluent un mélange de métabolismes aérobie et anaérobie. Du fait de la complexité de l'exercice physique dans le contexte du diabète, le professionnel de santé doit bien comprendre la physiopathologie de l'exercice pour être en mesure de prodiguer des conseils individualisés aux personnes qui vivent avec le diabète.

L'exercice aérobie tend à faire chuter les taux de glucose circulants,⁶⁵ tandis que les formes anaérobies ou mixtes sont généralement associées à une diminution atténuée^{67,68} ou une hausse de la glycémie.⁶⁹ Les activités mixtes ont généralement tendance à avoir un effet modérateur. Il semble cependant que plusieurs facteurs ont une influence sur ces tendances générales (figure 2 et tableau 1). Les effets aigus de l'exercice anaérobie sur la glycémie chez les jeunes atteints de DT2 sont mal élucidés.

5.1 Exercice aérobie

Les principaux déterminants du taux de glucose dans le diabète sont les apports en nutriments, le moment des repas, les concentrations d'insuline circulante, le taux de libération de glucose par le foie et le taux de consommation du glucose par les muscles squelettiques et le système nerveux central.⁹ À jeun, le taux de glucose circulant est essentiellement déterminé par la quantité de glucose libérée par le foie et par le taux de captation de glucose par les muscles squelettiques et le cerveau.⁷⁴ Plus les concentrations d'insuline circulante sont faibles et les taux d'hormones contre-régulatrices du glucose élevés, et plus le taux de libération de glucose par le foie est important pendant un exercice aérobie.⁷⁴ Le volume des muscles squelettiques impliqués dans l'exercice détermine le taux d'élimination du glucose. Alors que

Tableau 1. Réponse glycémique anticipée et caractéristiques physiologiques pour les personnes atteintes de diabète de type 1 pratiquant un exercice aérobie, mixte et anaérobie.

Type d'exercice	Caractéristiques physiologiques	Effet sur la glycémie d'une personne atteinte de diabète de type 1†		Exemples
		↘	↓	
Aérobie	Exercice continu d'intensité modérée, essentiellement sous le seuil de lactate auquel la captation du glucose par les muscles dépasse la libération de glucose par le foie ^{65,70,71}	↘	↓	Course, marche, randonnée, vélo, aviron, natation
Mixte avec courts intervalles d'exercice anaérobie	Exercice modéré à intense (aérobie) entrecoupé de courtes (5 à 30 secondes) périodes d'activité anaérobie ^{68,72}	↘	→	Basketball, football américain, football, cricket, handball, arts martiaux
Mixte avec longs intervalles d'exercice anaérobie	Exercice d'intensité faible à modérée (aérobie) entrecoupé de longues (10 à 180 secondes) périodes d'activité anaérobie ⁷³	↗	→	Entraînement contre résistance, entraînement en circuit, gymnastique, entraînement de vitesse (course, natation, aviron, vélo, etc.)
Anaérobie	Exercice d'effort maximal de fatigue (de 5 secondes à 10 minutes) à une intensité supérieure au seuil de lactate auquel la libération de glucose par le foie dépasse la captation de glucose par les muscles ^{67,69}	↗	↑	Aviron 500-2 000 m, compétition 50-1 500 m, contre-la-montre cycliste 1-2 km, haltérophilie
Compétition	La libération de glucose par le foie est susceptible d'augmenter pendant la compétition, entraînant une hyperglycémie plus marquée que lors des entraînements	↑		Course, matchs en équipe ou individuels

† Ces tendances générales sont également influencées par plusieurs autres facteurs tels que l'insuline embarquée, les apports en macronutriments, la glycémie avant l'exercice, les éventuelles hypoglycémies antérieures, la condition physique, le moment de la journée, l'intensité et la durée de l'exercice, le statut d'entraînement ou les conditions environnementales. Données concernant des hommes adultes.⁷³ Données concernant des hommes et des femmes adultes.^{68,69,72} Données concernant des enfants de sexe masculin.⁶⁷ Données concernant des enfants de sexe masculin et féminin.⁶⁵ Pour ce tableau, l'insuline embarquée circulante a été considérée comme faible à modérée.

les contractions des muscles squelettiques augmentent l'élimination du glucose pendant l'exercice par le biais de la translocation de la protéine de transport GLUT4 vers le sarcolemme, des taux élevés de catécholamines limitent la captation du glucose dans la circulation, contribuant à prévenir une chute de glycémie et augmentant l'utilisation des réserves de glycogène comme carburant musculaire.⁶⁶

La translocation de GLUT4 induite par la contraction permet aux muscles squelettiques de capter et d'utiliser le glucose sanguin même lorsque les concentrations d'insuline sont extrêmement faibles.⁷⁵ Toutefois, de faibles concentrations d'insuline circulante dans le DT1 augmentent le taux de libération de glucose par le foie⁷⁶ et la production de cétones,⁷⁷ ce qui peut être dangereux car cela peut entraîner une hyperglycémie sévère et une acidocétose avec déshydratation.

Du fait de l'action hypoglycémiant de l'exercice aérobic, les taux d'insuline exogène des enfants et des adolescents atteints de DT1 devraient être bas pour prévenir une hypoglycémie.⁵⁸ Malheureusement, il n'est pas possible de faire baisser rapidement les concentrations d'insuline, même avec une pompe à insuline, aussi est-il nécessaire d'anticiper. Parmi les mesures à prendre en amont, la personne peut réduire la dose d'insuline prandiale avant un exercice et/ou diminuer l'administration d'insuline basale par la pompe⁵⁸ (voir les détails ci-après). Si la dose d'insuline n'a pas été ajustée, le seul moyen d'éviter une hypoglycémie est d'augmenter la consommation de glucides⁵⁸ (voir les détails ci-après).

5.2 Exercice de très haute intensité et anaérobie

Les activités anaérobies comme la course de vitesse ou l'haltérophilie peuvent faire augmenter les taux de glucose, en particulier si elles sont pratiquées en début de journée alors que la circulation contient peu, voire pas d'insuline, et si elles ne sont pas accompagnées d'un exercice aérobic (c'est le cas d'une course sur 100 m, d'un match de judo ou d'une course d'aviron).⁷⁸ En outre, l'augmentation des taux circulants des hormones du stress associée à la compétition et aux exercices anaérobies intensifs peut provoquer une hausse de la glycémie avant même le début de l'exercice. Ainsi, lors de l'épreuve de vitesse de natation (50 mètres nage libre) des Jeux olympiques de Sydney en l'an 2000, Garry Hall Jr. a vu sa glycémie grimper jusqu'à 300 mg/dl pendant la course de 21 secondes qui lui a valu un record mondial.

En raison du risque d'élévation de la glycémie qui accompagne certaines formes d'exercice anaérobie, il est souvent déconseillé de réduire les doses d'insuline et une dose de correction peut être envisagée après l'exercice pour traiter l'hyperglycémie⁵⁸ (voir les détails ci-après).

5.3 Exercice mixte

Pour de nombreux jeunes, la plupart des activités physiques consistent en jeux spontanés et/ou en sports d'équipe et de terrain. Ces activités se caractérisent souvent par des périodes relativement intenses entrecoupées de phases d'intensité faible à modérée ou de repos.

Il a été démontré que ces activités « fractionnées » ou « mixtes » entraînent une chute moins importante de la glycémie chez les personnes atteintes de DT1 que des exercices continus d'intensité modérée, aussi bien pendant la séance qu'après.⁷⁸ Les formes d'exercice mixtes pourraient donc ne pas nécessiter d'ajustement de la dose d'insuline.

5.4 Causes de dysglycémie pendant l'exercice chez les jeunes atteints de DT1

Les causes de la dysglycémie associée à l'exercice chez la personne diabétique sont complexes et multifacettes. Les principaux facteurs liés à des chutes importantes de glycémie pendant un exercice aérobic sont probablement les concentrations d'insuline circulante et l'intensité, ainsi que la durée, de l'activité.⁵⁸ Les taux des hormones contre-régulatrices du glucose (glucagon, catécholamines, cortisol, hormone de croissance) et le taux de glucose avant l'exercice peuvent également influencer l'évolution de la glycémie au cours d'un exercice aérobic.⁵⁸ D'autres facteurs tels que la taille de la personne, sa masse musculaire, son âge, son sexe, sa condition physique, son niveau de stress et son patrimoine génétique peuvent aussi avoir un impact sur l'évolution de la glycémie, cependant l'ampleur de ces effets n'est pas parfaitement établie.

Il est possible que l'exercice accroisse le taux d'absorption de l'insuline administrée par voie sous-cutanée,⁷⁹ ce qui aurait pour effet d'intensifier l'action de l'insuline dès l'administration du bolus. L'insuline doit être administrée dans une zone qui n'est pas engagée activement dans la contraction musculaire. Cela peut être difficile à réaliser pour des activités qui engagent tout le corps comme la natation ou pour les personnes porteuses d'un kit de perfusion difficile à déplacer pour l'exercice. En outre, l'impact de l'exercice sur le taux d'absorption de l'insuline basale d'action ultraprolongée n'est pas clairement déterminé. Cependant, une étude menée chez des adultes atteints de DT1 a montré que l'insuline détémir était associée à une hypoglycémie moins marquée pendant et après l'exercice.⁸⁰

Pour les jeunes atteints de DT2, les données probantes concernant l'influence de la durée, du type ou de l'intensité de l'exercice pratiqué sur les excursions aiguës de la glycémie ou le temps passé dans la cible sont peu nombreuses. Des études transversales suggèrent que des séances plus fréquentes d'activité physique structurée,⁸¹ en particulier très intenses,¹⁷ sont associées à une amélioration de la glycémie et des facteurs de risque cardiométabolique.

Le caractère imprévisible de l'activité chez les jeunes atteints de DT1 peut compliquer la gestion de la glycémie. Cela étant, il existe diverses stratégies qui peuvent être mises en œuvre pour limiter la dysglycémie associée à l'exercice (voir les détails ci-après).

5.5 Hypoglycémie antérieure

Une hypoglycémie modérée ou prolongée dans les 24 à 48 heures précédant l'exercice semble éteindre les réponses contre-régulatrices à l'exercice et pourrait accroître le risque d'hypoglycémie induite par l'activité physique.⁸² L'obésité et le froid peuvent également inhiber certaines hormones contre-régulatrices (hormone de croissance, catécholamines),^{83,84} augmentant le risque d'hypoglycémie.

5.6 Glycémie, santé musculosquelettique et performance physique

Il semble qu'un épisode aigu d'hyperglycémie légère à modérée soit sans effet sur la performance physique ou sportive dans le DT1.⁷ En revanche, une hypoglycémie même légère dégrade le temps de réaction et la performance générale.⁸⁵ Par ailleurs, il est probable qu'une hyperglycémie prolongée (plusieurs jours ou semaines) se

répercute sur plusieurs processus métaboliques et circulatoires pouvant, au moins en théorie, altérer la capacité d'exercice, et s'accompagner d'une perte visible de masse musculaire et de contenu mitochondrial dans les muscles, d'une diminution de la capillarisation musculaire et d'une déshydratation générale.⁸⁶ À long terme, des taux élevés d'HbA1c chez les jeunes atteints de DT1 peuvent se répercuter sur la croissance et le développement⁸⁷ et avoir des effets néfastes sur la santé musculosquelettique.⁸⁸ Pour les jeunes diabétiques qui pratiquent une activité physique régulière, des périodes prolongées d'hyperglycémie due à l'exercice, ou la crainte d'une hypoglycémie provoquée par l'exercice, peuvent affecter négativement l'ensemble des objectifs de gestion glycémique. Quoi qu'il en soit, comme dans le DT2,^{17,81} chaque journée où l'activité physique augmente peut améliorer la probabilité d'atteindre les objectifs glycémiques chez les jeunes atteints de DT1, par comparaison avec les journées sans activité.⁸⁹ Il n'existe actuellement aucune donnée sur la performance physique et la glycémie chez les jeunes atteints de DT2.

6. NUTRITION ET EXERCICE

6.1 Besoins nutritionnels et qualité des aliments

Les conseils nutritionnels visant à maximiser la performance sportive comprennent des informations sur le type et la quantité d'aliments à consommer, ainsi que sur le moment des apports. Les besoins en glucides et en protéines apportés par les repas varient selon l'âge, le sexe et le niveau d'activité. Pour les jeunes ayant une activité quotidienne favorable à la santé (c.-à-d. 60 minutes d'activité modérée à intensive chaque jour), les apports alimentaires journaliers doivent suffire à répondre aux besoins de l'exercice, à condition que les repas soient régulièrement répartis tout au long de la journée. Il existe des recommandations nationales spécifiques concernant les apports énergétiques et en macronutriments dans de nombreuses régions du monde et l'augmentation des niveaux d'activité est généralement associée à une augmentation des besoins énergétiques. Il peut être nécessaire de calculer l'augmentation des besoins énergétiques et en glucides pour les jeunes très actifs, et des tables d'activité physique spécifiques aux jeunes proposent des listes exhaustives qui facilitent le calcul des dépenses énergétiques.⁹⁰ Les conseils sur les apports supplémentaires en glucides destinés à prévenir l'hypoglycémie doivent veiller à ce que les apports énergétiques totaux ne dépassent pas les dépenses et à ce que les en-cas ne dégradent pas la qualité de l'alimentation. Le tableau E sur la nutrition propose des choix de glucides permettant d'éviter efficacement l'hypoglycémie avec une teneur énergétique totale minimale. Il est essentiel de maintenir des apports en liquides suffisants pour réduire le risque de déshydratation.⁹¹ Dans la plupart des cas, de l'eau ou des boissons sans sucre sont les choix les plus appropriés pour préserver l'hydratation. Des recommandations nutritionnelles détaillées pour la santé et l'exercice physique sont fournies dans le chapitre 10 des recommandations de consensus 2022 de l'ISPAD sur la prise en charge nutritionnelle de l'enfant et de l'adolescent diabétique, ainsi que des conseils sur les compléments alimentaires.

6.2 Compléments nutritionnels et pour la pratique sportive

Il existe très peu d'éléments scientifiques sur l'utilisation de protéines ou d'autres compléments nutritionnels pour favoriser la performance sportive chez les adolescents. Il est possible que les compléments protéinés n'apportent pas de bénéfice supplémentaire pour la performance physique des adolescents,⁹² bien que certaines données semblent indiquer une diminution des réponses inflammatoires⁹² et des bénéfices ponctuels sur l'anabolisme musculaire après l'exercice. Cependant, d'éventuels changements en termes de lésions et de récupération musculaires n'ont pas été clairement démontrés.⁹³ Par conséquent, les compléments protéinés ne devraient pas être systématiquement recommandés pour les jeunes pratiquant une activité physique régulière.

Les adolescents qui pratiquent des sports en compétition utilisent souvent des compléments nutritionnels.^{94,95} Cependant, dans une analyse des compléments destinés à améliorer les performances, l'*International Society of Sports Nutrition* a constaté un manque de données d'efficacité concernant l'utilisation de ces compléments chez les enfants de moins de 18 ans.⁹⁶ Il convient donc de privilégier les conseils utilisant l'alimentation pour maximiser l'adaptation à l'exercice physique. Des conseils doivent être prodigués sur les risques liés aux compléments alimentaires, y compris leur contamination éventuelle par des substances dopantes illicites, avec des recommandations sur la lutte antidopage selon le sport et le niveau de compétition. Dans certains sports, les procédures antidopage débutent avant 18 ans. De nombreuses organisations sportives proposent des programmes pédagogiques concernant la lutte antidopage dans le sport. Le site Web de l'autorité mondiale de lutte antidopage (<https://www.wada-ama.org>) contient des informations sur l'exception de l'insuline à usage thérapeutique.

6.3 Alcool

Les adolescents et les jeunes adultes doivent comprendre les effets de l'alcool sur la réponse à l'exercice et la chute de la glycémie. Certains sports étant associés à une sorte de « culture d'alcoolisation », des consignes de sécurité doivent être données, sans toutefois cautionner la consommation d'alcool. D'après les études menées chez des adultes atteints de diabète, l'alcool altère la contre-régulation du glucose en inhibant la gluconéogenèse hépatique (mais pas la glycogénolyse), augmentant le risque d'hypoglycémie.⁹⁷⁻¹⁰⁰ Il convient d'éviter de consommer de l'alcool avant et pendant une séance d'activité physique car cela peut accroître le risque d'hypoglycémie, y compris pendant la nuit suivant l'exercice, et dégrader les performances. En cas de consommation d'alcool après l'exercice, il peut être nécessaire de conseiller des réductions plus franches de la dose d'insuline et des apports plus importants de glucides, en s'appuyant sur les tableaux d'ajustement présentés plus loin dans ce chapitre (tableaux A à E).

6.4 Régimes hypoglucidiques

Aucune étude n'a examiné spécifiquement la performance physique des jeunes diabétiques suivant un régime hypoglucidique. Une revue systématique récente menée auprès d'adultes sportifs amateurs non diabétiques n'a pas montré de dégradation des performances aérobie ni de la durée avant épuisement après une période d'adaptation à

un régime pauvre en glucides.¹⁰¹ La seule différence observée a été une utilisation accrue des acides gras libres.¹⁰¹ Cependant, un essai clinique a montré une détérioration de l'économie de l'exercice et de la performance physique chez les athlètes de haut niveau pratiquant un sport d'endurance en suivant un régime hypoglycémique.¹⁰² Ce déficit de performance dans le sport de haut niveau a été reproduit récemment, et attribué à l'atténuation des taux d'oxydation des glucides.¹⁰²

Il n'est pas certain que ces résultats soient pertinents pour les enfants atteints de DT1 traités par insuline exogène. Dans le DT1, les concentrations d'insuline circulante périphérique sont 2,5 fois plus élevées que chez les personnes non diabétiques.¹⁰³ Un taux élevé d'insuline périphérique altère le métabolisme hépatique et musculaire.¹⁰⁴ En l'absence d'essais cliniques, il est préférable de déconseiller ce type de régime, en particulier pour les personnes qui souhaitent optimiser leur performance physique. Si un enfant ou une famille insiste pour suivre un régime pauvre en glucides, il est essentiel de prodiguer des conseils pour sécuriser la pratique de l'exercice. On pourra pour commencer appliquer les stratégies d'ajustement de la dose d'insuline suggérées dans les tableaux 2 et 3. À noter toutefois que la quantité de glucides supplémentaires requis pendant l'exercice peut être inférieure à celle indiquée dans les tableaux 4 et 5. Une évaluation individualisée et une approche par tâtonnements avec un plan évolutif seront nécessaires.

6.5 Sportifs de haut niveau

Les recommandations spécifiques sur l'augmentation des besoins nutritionnels et les stratégies avancées d'ajustement de l'insuline requises pour les sportifs de haut niveau atteints de diabète dépassent la portée de ce chapitre. Les jeunes qui pratiquent un sport à haut niveau doivent être adressés à une équipe ayant une expertise pluridisciplinaire en gestion de l'exercice physique et du DT1.

La section sur la nutrition aborde le calcul des besoins énergétiques, en glucides et en protéines en fonction du calendrier des entraînements et des compétitions. Une revue de la littérature a récemment étudié les stratégies sur mesure d'ajustement de l'insuline et la planification des protocoles d'entraînement dynamique pour différentes modalités et durées d'exercice physique.^{9,70,105-108}

7. INTÉGRATION DES STRATÉGIES D'INSULINOTHÉRAPIE ET DE NUTRITION POUR LA GESTION DE L'EXERCICE PONCTUEL

Les tableaux 2 à 6 illustrent les recommandations ci-dessous et donnent des précisions sur l'âge et le sexe des participants.

7.1 Exercice planifié

Les séances d'exercice planifiées durant au moins 30 minutes nécessitent des stratégies de gestion de la thérapie avant, pendant et après la séance, ainsi que pour la nuit suivante. De multiples stratégies d'ajustement de l'insuline et nutritionnelles peuvent être combinées pour maintenir les taux de glucose pendant l'activité dans une plage adaptée à la pratique d'une activité physique, à

savoir entre 5,0 et 15,0 mmol/l (entre 90 et 270 mg/dl), et prévenir une hypoglycémie provoquée par l'exercice. Il est indispensable que le professionnel de santé informe la personne diabétique et, si nécessaire, sa famille, que des ajustements successifs peuvent être requis et que les plans établis devront être adaptés en fonction des résultats constatés. Les tableaux d'ajustement de l'insulinothérapie par pompe ou perfusion sous-cutanée continue (PSCI, tableau 2) et injections quotidiennes multiples (IQM, tableau 3) proposent des plans de départ et des protocoles d'ajustement. Les tableaux 4 et 5 donnent des indications sur le calcul des glucides visant à prévenir l'hypoglycémie immédiatement avant l'exercice, puis toutes les 30 minutes pendant l'exercice pour les personnes sous ASG et toutes les 20 minutes pour celles sous SGC. Les recommandations idéales pour les repas, les en-cas et les glucides pendant la pratique d'un exercice physique sont présentées dans le tableau 6.

Les recommandations des tableaux 2 à 6 reposent sur des études ayant principalement inclus un petit nombre d'adultes en bonne santé s'entraînant sur tapis ou vélo ergomètre, et ne reflètent pas la pratique réelle d'une activité physique chez les jeunes. Il peut donc être hasardeux d'extrapoler ces résultats à des populations ayant une masse maigre moins importante, comme des jeunes sédentaires, en surpoids ou obèses. Des considérations spécifiques à ces populations sont abordées dans les sections correspondantes et les tableaux. Enfin, l'utilisation des tableaux ne peut pas aboutir à des résultats cohérents au sein d'une population en raison de la variation considérable des réponses glycémiques à un même exercice, entre les personnes et chez un même individu. Les personnes qui suivent les plans issus de ces tableaux doivent être informées de leurs limites et comprendre qu'ils constituent une première approche qui devra être adaptée par tâtonnements.

7.2 Avant un exercice planifié : stratégies d'ajustement de l'insuline et nutritionnelles

Pratiquer une activité physique sans avoir ajusté le bolus d'insuline prandiale peut entraîner une hypoglycémie chez les jeunes atteints de DT1,^{65,70} même s'ils consomment 15 g de glucides pendant l'exercice.⁷¹ Il a été démontré qu'une diminution de l'insuline prandiale de 25 à 75 % avant l'exercice est efficace pour prévenir l'hypoglycémie chez des adultes pratiquant une forme aérobie,^{72,73,109} mixte⁷³ ou anaérobie.⁷³ Chez les hommes adultes, les réductions de l'insuline prandiale effectuées une à deux heures avant l'exercice^{109,110} limitent l'hyperglycémie avant l'exercice, par comparaison avec les réductions effectuées deux à quatre heures avant l'activité.^{73,110} Lorsque l'on extrapole ces données à des jeunes, il semble important de définir clairement le délai entre le repas et l'activité physique et de conseiller de le maintenir dans les 90 minutes lorsque le bolus d'insuline est réduit avant la séance. Pour éviter des problèmes gastro-intestinaux chez les hommes adultes, un repas pauvre en graisses et riche en glucides (1,0 à 1,5 g/kg de poids corporel) s'est avéré efficace et bien toléré s'il était absorbé dans les deux heures précédant l'exercice.^{109,110} Pour les jeunes dont l'indice de masse corporelle (IMC) est ≥ 91 e percentile, on utilisera le poids corporel idéal, à moins que cet IMC élevé ne soit dû à une importante masse musculaire. La méthode de calcul du poids corporel idéal en kg à partir de l'IMC (IMC dans le 50e

Tableau 2. Pompe à insuline: ajustements de l'insuline et recommandations nutritionnelles applicables avant, immédiatement après et pendant la nuit suivant une activité physique aérobie, mixte et anaérobie durant au moins 30 minutes. Ce tableau propose un plan de départ (première recommandation) qui pourra être adapté individuellement (niveau de preuve D). Le tableau donne des orientations pour adapter les plans (première recommandation indiquée en gris) par ajustements successifs. Il n'est pas nécessaire d'ajuster l'ensemble du plan, mais uniquement les stratégies avant et après l'exercice qui entraînent une hyper ou une hypoglycémie.

		Avant l'exercice			Après l'exercice	
		Insuline prandiale	Taux basal pour un exercice non pratiqué à jeun	Insuline prandiale après l'exercice	Choisir une option ou les deux si l'exercice a lieu après 16 h et dure plus de 30 minutes	
Type d'exercice	Exécution du plan	Si un repas est pris plus de deux heures avant l'exercice, administrer la dose prandiale habituelle pour prévenir une hyperglycémie ⁷³ Si un repas est pris dans les deux heures qui précèdent l'exercice, ajuster la dose prandiale en suivant ces suggestions ^{72,109,110}	Si l'exercice a lieu plus de 120 minutes après l'administration de l'insuline prandiale, réduire le taux basal 90 minutes avant ¹¹²	Réduction de l'insuline prandiale	Modification du taux basal	Si la glycémie est inférieure à 10,0 mmol/l (180 mg/dl), consommer un en-cas de glucides à faible indice glycémique sans bolus d'insuline avant le coucher ¹²⁸ Si la glycémie est inférieure à 7,0 mmol/l (126 mg/dl), ajouter 15 g de protéines ¹²⁸
Aérobie	> 15,0 mmol/l (270 mg/dl) application du plan de départ	-25% ^{73,109}	-25%	-25%	Dose habituelle	0,2 g/kg pc [†]
	Plan de départ	-50% ^{72,73,109}	-50% ¹¹²	-50% ¹¹⁰	-20 % pendant 6 h ⁶²	0,4 g/kg pc ^{†72,110}
	< 5,0 mmol/l (90 mg/dl) application du plan de départ	-75% ^{73,110}	-80% ¹¹²	-75%	-40 % pendant 6 h	0,6 g/kg pc [†]
Mixte	> 15,0 mmol/l (270 mg/dl) application du plan de départ	-25% ⁷³	Dose habituelle	Dose habituelle ^{72,73}	Dose habituelle	0,2 g/kg pc [†]
	Plan de départ	-50% ^{72,73}	-25%	-25%	-20 % pendant 6 h	0,4 g/kg pc ^{†72}
	< 5,0 mmol/l (90 mg/dl) application du plan de départ	-75% ⁷³	-50%	-50%	-40 % pendant 6 h	0,6 g/kg pc [†]
Anaérobie	> 15,0 mmol/l (270 mg/dl) application du plan de départ	Dose habituelle	Dose habituelle et petit bolus 15 minutes avant l'exercice	Dose habituelle ⁷³	Dose habituelle	0,2 g/kg pc [†]
	Plan de départ	-25% 73	Regular dose	-25%	-20 % pendant 6 h	0,4 g/kg pc [†]
	< 5,0 mmol/l (90 mg/dl) application du plan de départ	-50% ⁷³	-25%	-50%	-40 % pendant 6 h	0,6 g/kg pc [†]

† pc : poids corporel. Si l'indice de masse corporelle est ≥ 91 e percentile, utiliser le poids corporel idéal en kg : (IMC dans le 50e percentile pour l'âge \times [taille en mètres]²),¹¹¹ à moins que l'IMC élevé ne soit dû à une importante masse musculaire. Les suggestions d'apports glucidiques peuvent être réduites pour les personnes présentant moins de masse maigre que des hommes adultes en bonne santé, par exemple les femmes et les hommes sédentaires. Données concernant des hommes adultes.^{73,109,110} Données concernant des hommes et des femmes adultes.^{72,112,128} Données concernant des enfants de sexe masculin et féminin.^{62,111}

Tableau 3. Injections quotidiennes multiples : ajustements de l'insuline et recommandations nutritionnelles applicables avant, immédiatement après et pendant la nuit suivant une activité physique aérobie, mixte et anaérobie durant au moins 30 minutes. Ce tableau propose un plan de départ (première recommandation) fondé sur des données de niveau de preuve D. Ces recommandations de départ devront être adaptées individuellement. Le tableau donne des orientations pour adapter les plans (première recommandation indiquée en gris) par ajustements successifs. Il n'est pas nécessaire d'ajuster l'ensemble du plan, mais uniquement les stratégies avant et après l'exercice qui entraînent une hyper ou une hypoglycémie.

		Avant l'exercice		Après l'exercice	
		Insuline prandiale	Insuline prandiale après l'exercice	Choisir une option ou les deux si l'exercice a lieu après 16 h et dure plus de 30 minutes	
Type d'exercice	Exécution du plan	Si un repas est pris plus de deux heures avant l'exercice, administrer la dose prandiale habituelle pour prévenir une hyperglycémie ⁷³ Si un repas est pris dans les deux heures qui précèdent l'exercice, ajuster la dose prandiale en suivant ces suggestions ^{109,110}	Réduction de l'insuline prandiale	Insuline basale le soir	Si la glycémie est inférieure à 10,0 mmol/l (180 mg/dl), consommer un en-cas de glucides à faible indice glycémique sans bolus d'insuline avant le coucher ¹²⁸ Si la glycémie est inférieure à 7,0 mmol/l (126 mg/dl), ajouter 15 g de protéines ¹²⁸
Aérobie	> 15,0 mmol/l (270 mg/dl) application du plan de départ	-25% ¹⁰⁹	-25%	Dose habituelle ¹¹⁰	0.2g/kg/BW
	Plan de départ	-50% ^{72,73,109}	-50% ¹¹⁰	-20% ¹¹⁰	0.4g/kg/BW ^{72,110}
	< 5,0 mmol/l (90 mg/dl) application du plan de départ	-75% ^{73,110}	-75%	-40%	0.6g/kg/BW
Mixte	> 15,0 mmol/l (270 mg/dl) application du plan de départ	-25% ⁷³	Dose habituelle ^{72,73}	Dose habituelle	0.2g/kg/BW
	Plan de départ	-50% ^{72,73}	-25%	-20%	0.4g/kg/BW ⁷²
	< 5,0 mmol/l (90 mg/dl) application du plan de départ	-75% ⁷³	-50%	-40%	0.6g/kg/BW
Anaérobie	> 15,0 mmol/l (270 mg/dl) application du plan de départ	Dose habituelle	Dose habituelle ⁷³	Dose habituelle	0.2g/kg/BW
	Plan de départ	-25% ⁷³	-25%	-20%	0.4g/kg/BW
	< 5,0 mmol/l (90 mg/dl) application du plan de départ	-50% ⁷³	-50%	-40%	0.6g/kg/BW

† pc : poids corporel. Si l'indice de masse corporelle est ≥ 91 e percentile, utiliser le poids corporel idéal en kg : (IMC dans le 50e percentile pour l'âge \times [taille en mètres]²)¹¹¹ à moins que l'IMC élevé ne soit dû à une importante masse musculaire. Les suggestions d'apports glucidiques peuvent être réduites pour les personnes présentant moins de masse maigre, par exemple les personnes sédentaires. Données concernant des hommes adultes.^{73,109,110} Données concernant des hommes et des femmes adultes.^{72,128} Données concernant des enfants de sexe masculin et féminin.¹¹¹

Tableau 4. Objectifs glycémiques pour les lecteurs par piqûre du doigt et besoins en glucides pour les enfants et les adolescents atteints de DT1 avant un exercice et toutes les 30 minutes pendant la séance, sur la base de données de niveau de preuve D.

Glycémie mesurée par capteur ou test	Réponse glycémique anticipée pendant la séance en fonction du type d'exercice, de l'insuline embarquée et des ajustements de bolus, des ajustements du taux basal et du contrôle glycémique préalable	
	Chute attendue pendant l'exercice	Stabilité ou hausse attendue pendant l'exercice
Supérieure à 15,0 mmol/l (270 mg/dl) avec cétones supérieures à 0,6 mmol/l	Cétones > 1,5 mmol/l : appliquer les conseils habituels concernant les cétones et éviter l'activité physique Cétones entre 1,1 et 1,4 mmol/l : administrer une demi-dose de correction par stylo-injecteur et mesurer à nouveau après 60 minutes Cétones entre 0,6 et 1,0 mmol/l : administrer une demi-dose de correction par stylo-injecteur et attendre 15 minutes pour commencer l'exercice	
Supérieure à 15,0 mmol/l (270 mg/dl) avec cétones inférieures à 0,6 mmol/l	Envisager d'administrer la moitié du bolus de correction habituel	
10,1-15,0 mmol/l (181-270 mg/dl)	Pas de glucides	
Besoins en glucides (g/kg pc/30 minutes sans dépasser 60 kg) [‡]		
Objectif pour l'exercice [†] 7,0-10,0 mmol/l (126-180 mg/dl)	0.2 – 0.5 ¹¹⁷	0
5,0-6,9 mmol/l (90-125 mg/dl)	0.5 ⁷⁰	0.2 ¹¹⁶
Exercice repoussé ou arrêté pendant 20 minutes 4,0-4,9 mmol/l (70-89 mg/dl)	0.3 ¹⁹⁵	0.3 ¹⁹⁵
3,0-3,9 mmol/l (54-70 mg/dl)	Traiter l'hypoglycémie et repousser l'exercice jusqu'à ce que la glycémie soit supérieure à 4,9 mmol/l (89 mg/dl)	
Inférieure à 3,0 mmol/l (54 mg/dl)	Traiter l'hypoglycémie et ne pas commencer l'exercice en raison de l'altération de la réponse hormonale contre-régulatrice	

[†] Si le risque d'hypoglycémie ou de méconnaissance de l'hypoglycémie est moyen ou élevé, augmenter l'objectif pour l'exercice à 8,0-11,0 mmol/l (145-198 mg/dl) ou 9,0-12,0 mmol/l (162-216 mg/dl), respectivement. [‡] Ne pas dépasser 60 kg lors du calcul de la quantité de glucides pour éviter des suggestions dépassant le pic d'utilisation des glucides exogènes de 1,0-1,2 g par minute.^{105-107,196} De plus, si l'indice de masse corporelle est ≥ 91 e percentile, utiliser le poids corporel idéal en kg : $(\text{IMC dans le 50e percentile pour l'âge} \times [\text{taille en mètres}]^2)$,¹¹¹ à moins que l'IMC élevé ne soit dû à une importante masse musculaire. Données concernant des hommes adultes.^{105-107,196} Données concernant des hommes et des femmes adultes.^{116,117} Données concernant des enfants de sexe masculin.⁷⁰ Données concernant des enfants de sexe masculin et féminin.^{111,195}

percentile pour l'âge \times [taille en mètres]²) a été validée en pédiatrie.¹¹¹

Lorsque l'exercice planifié doit commencer plus de deux heures après le repas, il est conseillé de prendre la dose d'insuline prandiale habituelle pour prévenir l'hyperglycémie excessive constatée chez des hommes adultes ayant réduit la dose deux à quatre heures avant la séance.⁷³ Avec une pompe à insuline, des diminutions du taux basal de 50 et 80 % ont réduit le risque d'hypoglycémie pendant un exercice aérobic en l'absence d'insuline prandiale lorsque ces réductions étaient activées 90 minutes avant la séance.¹¹² Cependant, débrancher

la pompe à insuline au début de l'exercice n'est généralement pas efficace pour prévenir une hypoglycémie au cours de l'activité.^{112,113} Si un repas est prévu deux à trois heures avant la séance, maintenir la quantité de glucides à un maximum de 2 g/kg de poids corporel évitera une concentration excessive d'insuline circulante au début de l'exercice. Il est préférable d'avoir un délai d'au moins trois heures entre le repas et l'exercice, plutôt que de minimiser le bolus d'insuline circulante.¹¹⁴ En outre, cela laisse le temps à l'organisme de digérer et d'assimiler les glucides pour les utiliser pendant l'activité.¹¹⁵ Si le délai

Tableau 5. Objectifs glycémiques pour la SGC et besoins en glucides basés sur la glycémie et les flèches de tendance pour les enfants et les adolescents atteints de DT1 avant un exercice et toutes les 20 minutes pendant la séance, sur la base de données de niveau de preuve D.10

Glycémie mesurée par capteur ou test	Flèche de tendance	Réponse glycémique anticipée pendant la séance en fonction du type d'exercice, de l'insuline embarquée et des ajustements de bolus, des ajustements du taux basal et du contrôle glycémique préalable	
		Chute attendue pendant l'exercice	Stabilité ou hausse attendue pendant l'exercice
Supérieure à 15,0 mmol/l (270 mg/dl) avec cétones supérieures à 0,6 mmol/l	Toutes les tendances	Cétones > 1,5 mmol/l : appliquer les conseils habituels concernant les cétones et éviter l'activité physique Cétones entre 1,1 et 1,4 mmol/l : administrer une demi-dose de correction par stylo-injecteur et mesurer à nouveau après 60 minutes Cétones entre 0,6 et 1,0 mmol/l : administrer une demi-dose de correction par stylo-injecteur et attendre 15 minutes pour commencer l'exercice	
	→ ↗↑	Envisager d'administrer la moitié du bolus de correction habituel	
Supérieure à 15,0 mmol/l (270 mg/dl) avec cétones inférieures à 0,6 mmol/l	↘↓	Pas de glucides	
	Besoins en glucides (g/kg pc/20 minutes sans dépasser 60 kg)‡		
10,1-15,0 mmol/l (181-270 mg/dl)	↑	0	0
	↗	0	0
	→	0	0
	↘	0.1	0
	↓	0.2	0
Objectif pour l'exercice† 7,0-10,0 mmol/l (126-180 mg/dl)	↑	0	0
	↗	0.1	0
	→	0.2	0
	↘	0.3	0.1
	↓	0.4	0.2
5,0-6,9 mmol/l (90-125 mg/dl)	↑	0.1	0
	↗	0.2	0.1
	→	0.3	0.2
	↘	0.4	0.3
	↓ [§]	0.5	0.4
4,0-4,9 mmol/l (70-89 mg/dl)	↑	0.2	0.1
	↗	0.3	0.2
Exercice repoussé ou arrêté pendant 20 minutes 4,0-4,9 mmol/l (70-89 mg/dl)	→	0.3	0.3
	↘ [§]	0.4	0.4
	↓ [§]	0.5	0.5
3,0-3,9 mmol/l (54-70 mg/dl)	Toutes les tendances	Traiter l'hypoglycémie et repousser l'exercice jusqu'à ce que la glycémie soit supérieure à 4,9 mmol/l (89 mg/dl)	
Inférieure à 3,0 mmol/l (54 mg/dl)	Toutes les tendances	Traiter l'hypoglycémie et ne pas commencer l'exercice en raison de l'altération de la réponse hormonale contre-régulatrice	

† Ces tendances générales sont également influencées par plusieurs autres facteurs tels que l'insuline embarquée, les apports en macronutriments, la glycémie avant l'exercice, les éventuelles hypoglycémies antérieures, la condition physique, le moment de la journée, l'intensité et la durée de l'exercice, le statut d'entraînement ou les conditions environnementales. Données concernant des hommes adultes.⁷³ Données concernant des hommes et des femmes adultes.^{68,69,72} Données concernant des enfants de sexe masculin.⁶⁷ Données concernant des enfants de sexe masculin et féminin.⁶⁵ Pour ce tableau, l'insuline embarquée circulante a été considérée comme faible à modérée.

Tableau 6. Exemples d'apports nutritionnels applicables avant, pendant, immédiatement après et pendant la nuit suivant une activité physique aérobie, mixte et anaérobie durant au moins 30 minutes, sur la base de données de niveau de preuve D.

Avant l'exercice	Pendant l'exercice	Après l'exercice	Avant le coucher
<p>Prévoir un repas au moins 180 minutes avant l'exercice pour minimiser l'insuline circulante¹¹⁴ et maximiser les réserves de glycogène¹¹⁵ en suivant les recommandations et exemples applicables au repas après l'exercice</p> <p>Si le repas est pris dans les 180 minutes précédant l'exercice, essayer de le prendre 60 à 90 minutes avant l'exercice pour réduire le risque d'hyperglycémie avant la séance^{109,110}</p>	<p>Choisir des glucides à indice glycémique élevé lorsque des tests fréquents sont effectués pendant l'exercice</p> <p>Choisir des glucides à indice glycémique intermédiaire lorsque les tests pendant l'exercice sont peu fréquents ou inexistants</p>	<p>Repas dans les 90 minutes suivant l'exercice</p> <p>Inclure en priorité une source de protéines</p>	<p>Exercice après 16 h ≥ 30 minutes</p> <p>Glycémie < 10 mmol/l (180 mg/dl)‡ : glucides¹²⁸</p> <p>Glycémie < 7 mmol/l (126 mg/dl)‡ : glucides + protéines¹²⁸</p>
<p>Contenu du repas pris dans les 60-90 minutes précédant l'exercice :</p> <p>Glucides : 1-1,5 g/kg pc* ; protéines : faibles ; graisses : faibles^{109,110}</p>	<p>Quantité de glucides:</p> <p>Besoins en glucides, tableaux C et D</p>	<p>Contenu du repas:</p> <p>Glucides 1-4 g/kg pc* ; protéines : ≥ 15 g ; graisses : modérées¹¹⁵</p>	<p>Contenu de l'en-cas :</p> <p>Glucides : 0,4 g/kg pc* indice glycémique faible à intermédiaire^{72,110}</p> <p>Protéines : 15 g</p>
<p>Exemples de petit déjeuner dans les 60-90 minutes précédant l'exercice‡:</p> <p>Salade de fruits</p> <p>Pain grillé/pâte à tartiner/fruit</p> <p>Céréales pour petit déjeuner/lait</p> <p>Barre de muesli à base d'avoine</p> <p>Crêpes</p> <p>Bagel/fromage blanc pauvre en matières grasses</p> <p>Pancakes</p>	<p>Options de boissons‡:</p> <p>Options à base de glucose (plus efficaces) :</p> <p>Boissons énergétiques isotoniques 6-8 % (6-8 g/100 ml)</p> <p>Boissons énergétiques au glucose 8-10 % (8-10 g/100 ml)</p> <p>Boissons shot de glucose 25 % (25 g/100 ml)</p> <p>Gels énergétique au glucose 60-70 % (60-70 g/100 ml)</p> <p>Options à base de sucrose (glucose/fructose) :</p> <p>Jus de fruits 11 % (11 g/100 ml)</p> <p>Boissons sucrées 8-10 % (8-10 g/100 ml)</p>	<p>Exemples de petit déjeuner‡:</p> <p>Salade de fruits/lait/fruits à coque/yaourt</p> <p>Pain grillé/œufs/tomate/fruit</p> <p>Céréales pour petit déjeuner/lait</p> <p>Flocons d'avoine/lait/fruits à coque/fruit</p> <p>Pain grillé/avocat/œufs</p> <p>Pancakes/bacon/champignons/tomate</p> <p>Omelette/fromage/salade/petit pain</p> <p>Crêpes/poulet/salade de pois</p>	<p>Options de glucides à indice glycémique faible à intermédiaire‡:</p> <p>200 g de lait (10 g)</p> <p>1 tranche ou pain grillé aux céréales (15 g)</p> <p>50 g de pois chiches cuits (15 g)</p> <p>1 grosse pomme ou banane moyenne (15 g)</p> <p>200 g de yaourt nature (14 g)</p> <p>50 g de riz cuit (15 g)</p> <p>30 g de céréales complètes pour petit déjeuner (15-20 g)</p> <p>50 g de pâtes cuites (15 g)</p>
<p>Exemples de déjeuner dans les 60-90 minutes précédant l'exercice‡:</p> <p>Sandwich ou petit pain/salade</p> <p>Galettes de riz/pâte à tartiner</p> <p>Wrap/viande maigre/salade</p> <p>Biscuits au blé/fruit</p> <p>Riz/légumes sautés</p> <p>Pain grillé/pâte à tartiner/fruit</p>	<p>Options solides‡:</p> <p>Options à base de glucose (plus efficaces) :</p> <p>Comprimés de dextrose (3 g/comprimé)</p> <p>Comprimés de glucose (4 g/comprimé)</p> <p>Options à base de sucrose (glucose/fructose) :</p> <p>Bonbons 75-90 % (75-90 g/100 g)</p>	<p>Exemples de dîner‡:</p> <p>Pâtes/sauce tomate/viande hachée/légumes</p> <p>Riz/poisson/légumes/sauce tomate</p> <p>Pad thai/viande ou poisson/salade</p> <p>Pomme de terre en papillote/thon/mayonnaise/salade</p> <p>Lasagnes/pain à l'ail/légumes</p> <p>Curry de noix de cajou ou de lentilles/chapatis/salade</p> <p>Légumes vapeur avec haricots/pomme de terre au four</p> <p>Purée de pommes de terre/saucisses maigres/légumes</p>	<p>Options de protéines‡ :</p> <p>50 g de mélange de fruits à coque hachés (8 g)</p> <p>2 œufs (14 g)</p> <p>70 g de poisson en conserve (15 g)</p> <p>150 g de fromage pauvre en matières grasses (15 g)</p> <p>200 ml de lait (7 g)</p> <p>200 g de yaourt nature (7 g)</p> <p>50 g de fromage à pâte dure (12 g)</p> <p>50 g de pois chiches cuits (3 g)</p>

Exemples de dîner dans les 60-90 minutes précédant l'exercice† : Riz/légumes/sauce tomate Soupe de légumes/petit pain Tortilla/légumes/sauce/guacamole/haricots Pommes de terre en papillote/haricots cuits Pâtes/légumes sautés	Si la glycémie ne peut pas être mesurée fréquemment ou ne peut pas être mesurée pendant l'exercice‡ : Avant ou pendant l'exercice, ajouter : Banane (22 g/100 g) Barre de petit déjeuner (67 g/100 g) Barre de céréales (53 g/100 g) Galettes de riz (83 g/100 g) Boisson complète pour le petit déjeuner (10 g/100 ml) Yaourt nature pauvre en matières grasses (7 g/100 g)	Dinner examples: Pasta / tomato-based sauce / mincemeat / vegetables Rice / fish / vegetables / tomato-based sauce Pad Thai / meat or fish / salad Jacket potato / tuna / mayonnaise / salad Lasagna / garlic break / vegetables Nut or lentil-based curry / chapattis / salad Vegetable stew with beans / baked potato Mashed potato / lean sausages / vegetables
--	--	---

† Les exemples sont des estimations qui varient selon les pays et le lecteur devra vérifier les étiquettes nutritionnelles de chaque produit et adapter les quantités sur la base de la quantité de glucides par portion de 100 ml ou 100 g. * pc : poids corporel. Si l'indice de masse corporelle est ≥ 91 e percentile, utiliser le poids corporel en kg : (IMC dans le 50e percentile pour l'âge \times [taille en mètres]²),¹¹¹ à moins que l'IMC élevé ne soit dû à une importante masse musculaire, et utiliser des aliments contenant peu de glucides pour les personnes sédentaires. ‡ Les objectifs glycémiques peuvent être individualisés. Données concernant des hommes adultes.^{109,110,114} Données concernant des hommes et des femmes adultes.^{72,115,128} Données concernant des enfants de sexe masculin et féminin.¹¹¹

Tableau 7. Explication des flèches de tendance sur les appareils de SGC et de SGC intermittente courants à partir de la déclaration de consensus de l'ISPAD/EASD 2020.¹⁰

Dispositif	Flèche de tendance	Interprétation sur 15 minutes	Conforme à la flèche de tendance générique utilisée dans la déclaration de positionnement
Dispositifs Abbott Dispositifs Senseonics	↑	Augmentation > 30 mg/dl (1,7 mmol/l)	↑
	↗	Augmentation 15-30 mg/dl (0,8-1,7 mmol/l)	↗
	→	Augmentation/diminution < 15 mg/dl (< 0,8 mmol/l)	→
	↘	Diminution 15-30 mg/dl (0,8-1,7 mmol/l)	↘
	↓	Diminution > 30 mg/dl (1,7 mmol/l)	↓
Dispositifs Dexcom	↑↑	Augmentation > 45 mg/dl (2,5 mmol/l)	↑
	↑	Augmentation 30-45 mg/dl (1,7-2,5 mmol/l)	
	↗	Augmentation 15-30 mg/dl (0,8-1,7 mmol/l)	↗
	→	Augmentation/diminution < 15 mg/dl (< 0,8 mmol/l)	→
	↘	Diminution 15-30 mg/dl (0,8-1,7 mmol/l)	↘
	↓	Diminution 30-45 mg/dl (1,7-2,5 mmol/l)	↓
	↓↓	Diminution > 45 mg/dl (2,5 mmol/l)	

Medtronic Devices ¹	↑↑↑	Augmentation > 45 mg/dl (2,5 mmol/l)	↑
	↑↑	Augmentation 30-45 mg/dl (1,7-2,5 mmol/l)	
	↑	Augmentation 15-30 mg/dl (0,8-1,7 mmol/l)	↗
		Augmentation/diminution < 15 mg/dl (< 0,8 mmol/l)	→
	↓	Diminution 15-30 mg/dl (0,8-1,7 mmol/l)	↘
	↓↓	Diminution 30-45 mg/dl (1,7-2,5 mmol/l)	↓
	↓↓↓	Diminution > 45 mg/dl (2,5 mmol/l)	

¹ Si un système de SGC Medtronic n'affiche aucune flèche de tendance, cela signifie que le glucose mesuré par le capteur est stable, comme détaillé ci-après.

est supérieur à trois heures, un repas contenant 1 à 3 g/kg de poids corporel de glucides et une quantité modérée à faible de graisses est recommandé pour améliorer les réserves de glycogène hépatiques et musculaires.¹¹⁵ Chez les personnes qui pratiquent un sport d'endurance intensif, la quantité de glucides requise peut atteindre 4 g/kg de poids corporel.

7.3 Pendant l'exercice planifié : stratégies d'ajustement de l'insuline et nutritionnelles

Le pilier de la gestion du glucose pendant l'activité est l'absorption de glucides supplémentaires. La recherche montre que le besoin est de 0,5 à 1,0 g/kg/heure en présence d'un bolus élevé d'insuline circulante,⁷⁰ mais de seulement 0,3 à 0,5 g/kg/heure si plus de deux heures se sont écoulées depuis la dernière dose d'insuline prandiale.^{116,117} Le tableau des besoins en glucides pour les personnes sous ASG suggère des quantités de départ avant l'exercice et toutes les 30 minutes pendant la séance (voir tableau 4 et annexe 1 pour des suggestions de fourchette de poids). Ces suggestions reposent sur la glycémie et le poids de la personne, et sur la prédiction de chute, de stabilité ou de hausse du taux de glucose pendant l'exercice. La prédiction de l'évolution du taux de glucose au cours de la séance doit s'appuyer sur le type d'exercice, le bolus d'insuline embarquée, les changements de l'insuline basale et l'expérience d'activités physiques antérieures.

Chez les personnes diabétiques qui utilisent un système de SGC, les tendances glycémiques (sens des flèches) doivent être prises en considération. La glycémie doit être testée si la valeur du glucose du capteur est limite, car la précision du capteur diminue pendant l'exercice. La SGC peut permettre d'ajuster les apports glucidiques en fonction de la glycémie mesurée en temps réel et des flèches de tendance. Il a été démontré que l'absorption de glucides supplémentaires en plus petites quantités toutes les 10 à 20 minutes en fonction de la glycémie évitait les hypoglycémies cliniquement importantes (< 3,0 mmol/l ou < 54 mg/dl). Le tableau 5 (voir l'annexe 2 pour des suggestions de fourchette de poids) suggère des quantités de départ de glucides à consommer avant l'exercice, puis toutes les 20 minutes en fonction de la valeur mesurée du glucose et des flèches

de tendance selon la récente déclaration de consensus de l'ISPAD/EASD.¹⁰ Pour interpréter correctement les flèches de tendance des différents appareils de SGC, il est important de comprendre leur signification (tableau 7). Pour obtenir des informations plus détaillées sur la précision de la SGC pendant l'exercice et savoir limiter les problèmes, consulter la déclaration de consensus de l'ISPAD/EASD résumée dans le tableau 8.¹⁰

Tableau 8. Résumé de l'utilisation d'un appareil de SGC intermittente et de SGC pendant l'exercice dans le DT1, sur la base de la déclaration de consensus de l'ISPAD/EASD 2020.¹⁰

Précision
<ul style="list-style-type: none"> La différence moyenne relative absolue augmente d'environ 10 à 13,6 % pendant l'exercice Le décalage entre la glycémie et la mesure du capteur s'étend d'environ 5 à 12-24 minutes Plus la glycémie évolue rapidement, plus le décalage avec la mesure du capteur augmente
Sécurité
<ul style="list-style-type: none"> Définir le seuil d'alerte inférieur plus haut que d'habitude pendant l'exercice, par exemple à 5,6 mmol/l (100 mg/dl) Modifier l'objectif de glycémie mesurée par le capteur pour l'exercice en fonction de l'expérience de l'activité physique et du risque d'hypoglycémie Si le glucose mesuré par le capteur chute en dessous de 3,0 mmol/l (54 mg/dl), ne pas reprendre l'exercice Après l'exercice, utiliser le glucose mesuré par le capteur et la flèche de tendance pour déterminer s'il est nécessaire de consommer des glucides pour éviter une hypoglycémie Lorsque c'est possible, encourager les accompagnateurs à soutenir l'utilisateur pendant et après l'exercice, et pendant la nuit suivante Pour les systèmes ne disposant pas de fonctions d'alerte ou d'alarme, recommander des tests réguliers pendant la nuit

L'exercice aérobie prolongé entraîne un décalage de 12 ± 11 minutes dans les mesures de la SGC.¹¹⁸ C'est pourquoi il est recommandé de confirmer les taux de glucose par des mesures capillaires en cas d'hypoglycémie imminente ou actuelle.¹¹⁸ Des essais cliniques sont nécessaires pour étudier les bénéfices de la technologie de SGC sur les comportements d'ASG et d'exercice physique chez les adolescents atteints de DT2.

La limite supérieure de l'absorption gastro-intestinale du glucose est d'environ 1,0 g/minute chez l'homme adulte.¹⁰⁵ Lors de l'application aux jeunes des données de la littérature concernant les hommes adultes, les calculs de glucides utilisés dans les tableaux 4 et 5 (annexes) ont été limités à un poids corporel de 60 kg pour éviter les suggestions d'augmentation excessive des apports en glucose et prévenir une hyperglycémie tardive. Les aliments à indice glycémique élevé, dont l'absorption est rapide, tels que les comprimés de dextrose, les boissons contenant du glucose et les gels glucidiques sont les plus efficaces lorsqu'un test est effectué toutes les 20 minutes (tableau 5). Les boissons énergétiques contenant 8 à 10 % de glucides sont efficaces pendant l'exercice pour les adolescents atteints de DT1.¹¹⁹ En revanche, consommer toutes les 20 minutes des glucides qui s'absorbent plus lentement, par exemple des fruits, des biscuits, du chocolat ou des bonbons, augmente le risque d'hypoglycémie pendant et d'hyperglycémie après l'exercice. Cependant, si les tests sont moins fréquents, des glucides d'absorption plus lente tels qu'un fruit, une barre de céréales ou des biscuits pauvres en matières grasses peuvent prévenir une hyperglycémie initiale. Le tableau 6 propose des recommandations nutritionnelles pratiques avec suggestions de repas à prendre avant, pendant et après l'exercice. L'hyperglycémie peut être rectifiée en administrant la moitié de la dose de correction habituelle si la glycémie dépasse 15,0 mmol/l (270 mg/dl) et que les cétones sont inférieures à 1,5 mmol/l.⁵⁹

7.4 Immédiatement après l'exercice planifié : stratégies d'ajustement de l'insuline et nutritionnelles

Il a été démontré que des réductions de 50 % de l'insuline prandiale après un exercice aérobie préviennent efficacement l'hypoglycémie chez l'homme adulte.¹¹⁰ Toutefois, la glycémie reste plus élevée après un exercice mixte qu'après un exercice aérobie,⁷² ce qui suggère qu'une diminution plus faible du bolus est nécessaire après un exercice mixte ou anaérobie. En outre, dans les deux heures qui suivent la séance, les taux de reconstitution des réserves de glycogène musculaires et hépatiques et de synthèse protéique musculaire sont à leur niveau maximal chez les hommes adultes.¹²⁰ Pour extrapoler ces observations aux jeunes, il semble donc prudent d'exploiter cette fenêtre anabolique et de recommander des repas équilibrés après l'exercice, contenant 1 à 4 g/kg de poids corporel de glucides et 15 à 20 g de protéines.⁷² Seules les personnes qui pratiquent un sport d'endurance ont besoin de 3 g/kg de poids corporel ou plus de glucides, en utilisant le poids corporel idéal si l'IMC est ≥ 91 e percentile.

Des sprints de courte durée immédiatement après la fin de la séance peuvent aider à prévenir une hypoglycémie 120 minutes plus tard.⁶⁷ En pratique, il peut néanmoins être difficile d'effectuer de véritables sprints après une séance d'exercice. Il serait donc préférable de réserver cette stratégie aux situations où la personne ne mange

pas dans la fenêtre qui suit l'exercice, où des réductions du bolus permettent d'éviter une hypoglycémie.

La glycémie peut augmenter rapidement immédiatement après un exercice, pour plusieurs raisons.^{59,121,122} Tout d'abord, les hommes qui pratiquent une activité comportant de multiples composantes anaérobies accumulent lactate et adrénaline dans la circulation sanguine.⁷³ Le lactate qui n'est pas éliminé par le travail musculaire est acheminé vers le foie pour y être transformé en glucose par le cycle de Cori, puis renvoyé dans la circulation. Un taux élevé d'adrénaline circulante induit une insulino-résistance et conduit le foie à libérer du glycogène stocké.^{123,124} Un cycle de récupération de 10 à 15 minutes peut abaisser les taux de lactate sérique et il est couramment suggéré d'administrer une dose de correction d'insuline réduite de moitié.⁵⁹ La récupération n'a cependant pas fait l'objet de tests expérimentaux, et l'administration d'une dose de correction de 100 % et de 150 % après un entraînement fractionné de haute intensité s'est avérée plus efficace qu'une dose de 50 %, sans augmenter les taux d'hypoglycémie de manière notable.¹²⁵ Si la pompe à insuline est débranchée pendant l'activité, la concentration d'insuline circulante sera insuffisante à l'arrêt de l'exercice, entraînant une hyperglycémie.¹²⁶ Une option consiste à administrer un bolus de 50 % du taux basal omis, avant ou pendant l'activité. Enfin, si les glucides consommés pendant l'exercice dépassent 1,0 g/minute et/ou sont absorbés plus lentement (p. ex. biscuits ou chocolat), il y aura une quantité résiduelle de glucides à digérer immédiatement après la fin de l'exercice, sans insuline pour la couvrir. Les options à indice glycémique élevé comme les comprimés de dextrose, les boissons énergétiques et les gels glucidiques, consommées en plus petites quantités et plus fréquemment, sont le moyen le plus simple d'éviter cette cause d'hyperglycémie après l'exercice. Le tableau 6 propose des suggestions pratiques.

7.5 Nuit suivant l'exercice planifié : stratégies d'ajustement de l'insuline et nutritionnelles

Après une séance d'exercice de 45 minutes, le risque d'hypoglycémie persiste pendant 7 à 11 heures, ce qui augmente le risque d'hypoglycémie nocturne si l'activité a lieu après 16 h.⁶¹ Réduire l'insuline de base de 20 % chez les adultes sous IQM s'est avéré efficace,¹¹⁰ et réduire le taux basal de 20 % chez les utilisateurs de pompe à insuline pendant six heures de nuit atténue l'hypoglycémie chez les jeunes atteints de DT1.⁶² L'efficacité d'une réduction de 20 % a été corroborée dans une étude sur la boucle fermée où l'insuline basale était réduite en moyenne de 20 % pendant la nuit suivant une séance d'exercice.¹²⁷ S'il n'est pas souhaitable ou pratique de réduire l'insuline, la prise au coucher d'un en-cas contenant 0,4 g/kg de poids corporel d'aliments à IG faible à moyen sans bolus d'insuline a permis d'éviter une hypoglycémie chez des hommes adultes.¹¹⁰

En outre, un en-cas n'est requis au moment du coucher que si la glycémie est inférieure à 10,0 mmol/l (180 mg/dl), et l'ajout de 15 g de protéines a apporté une protection supplémentaire à des hommes adultes dont la glycémie était inférieure à 7,0 mmol/l (126 mg/dl).¹²⁸ Des en-cas plus petits sont très probablement requis pour les enfants plus jeunes, en particulier s'ils sont en surpoids ou obèses. Ces objectifs d'en-cas au coucher doivent être individualisés en fonction de la réponse glycémique et des niveaux d'activité habituels.

Tableau 9. Objectifs et réglages spécifiques à l'exercice pour divers appareils à boucle fermée hybride. * CamAPS possède le marquage CE dans l'Union européenne et au Royaume-Uni et est actuellement commercialisé uniquement en Europe. # Omnipod 5 a obtenu l'approbation de la FDA et est commercialisé uniquement aux États-Unis. APS : système de pancréas artificiel

Dispositif	Technologie de capteur et de pompe	Objectif glycémique standard	Objectif glycémique pour l'exercice	Terminologie de l'objectif glycémique pour l'exercice	Autres informations
MiniMed 670G/770G (Medtronic)	Capteur Guardian 3 et pompe 670G ou 770G	6,7 mmol/l (120 mg/dl)	8,3 mmol/l (150 mg/dl)	Objectif temp.	Programmation pour une certaine durée, désactivation automatique à la fin
MiniMed 780G (Medtronic)	Capteur Guardian 3 et pompe 780G	5,5 mmol/l (100 mg/dl) 6,1 mmol/l (110 mg/dl) 6,7 mmol/l (120 mg/dl)	8,3 mmol/l (150 mg/dl)	Objectif temp.	Programmation pour une certaine durée, désactivation automatique à la fin
Control-IQ (Tandem)	Capteur Dexcom G6 et pompe Tandem t-slim X2	6,2-8,9 mmol/l (112-160 mg/dl)	7,8-8,9 mmol/l (140-160 mg/dl)	Activité Exercice Possibilité de créer jusqu'à six profils personnels avec personnalisation des doses basales, rapports insuline-glucides et facteurs de sensibilité à l'insuline, à utiliser dans le mode Exercice	Démarrage/arrêt manuel, impossible de programmer une durée Le mode Exercice suspend l'administration d'insuline à un taux de glucose prédit plus élevé que le mode standard Annule le mode Sommeil programmé tant que le mode Exercice n'est pas désactivé
CamAPS FX (CamDiab)*	Capteur Dexcom G6 et pompe Dana RS et Dana-i	5,8 mmol/l (105 mg/dl) (Objectif glycémique personnalisable)	Pas de valeur de glucose prédéfinie (personnalisable)	Ease-off ou Planned Ease-off	Programmation pour une certaine durée, désactivation automatique à la fin
Omnipod 5 (Insulet)#	Capteur Dexcom G6 et Pod Omnipod 5	6,1, 6,7, 7,2, 7,8 et 8,3 mmol/l (110, 120, 130, 140 et 150 mg/dl) (Objectif glycémique personnalisable)	8,3 mmol/l (150 mg/dl)	Fonction Activité	Activation pour une durée de 1 à 24 heures, désactivation automatique à la fin
Systèmes de pancréas artificiel open source (OpenAPS, AndroidAPS, Loop)	Systèmes divers	Personnalisable	Objectif défini par l'utilisateur (personnalisable)	Objectif temporaire, changement de profil, remplace ou mode d'activité	Programmation pour une certaine durée ou pour démarrer à une heure spécifiée, désactivation automatique à la fin

Une séance d'exercice de 45 minutes à midi n'a pas le même effet hypoglycémiant pendant la nuit, et ne nécessite donc pas les mêmes ajustements.¹²⁹ Cette distinction est importante pour les enfants d'âge scolaire car elle suggère qu'il n'est pas nécessaire d'ajuster la dose d'insuline basale après les cours de sport qui ont lieu dans la journée, ou après les activités physiques à la pause du déjeuner. Les suggestions nutritionnelles du tableau 6 comprennent des propositions d'en-cas pratiques au moment du coucher.

7.6 Schémas d'insulinothérapie deux fois par jour

Pour les personnes sous insulinothérapie deux fois par jour combinant de l'insuline à longue et courte durée d'action, il peut être difficile d'ajuster des doses mixtes en fonction de l'exercice et la stratégie la plus simple consiste à consommer des glucides supplémentaires pour éviter une hypoglycémie. Les schémas d'insulinothérapie deux fois par jour ne sont toutefois pas recommandés. Les tableaux 4 et 5 proposent des suggestions de glucides supplémentaires à consommer avant et pendant l'exercice. Pour éviter une hypoglycémie nocturne après une séance d'exercice d'au moins 30 minutes pratiquée après 16 h, il est possible de prendre un en-cas supplémentaire avant le coucher en fonction de la glycémie mesurée (tableaux 3 et 6).

7.7 Exercice non planifié

La plupart des activités des jeunes enfants ne sont pas planifiées car elles sont de nature sporadique et durent généralement moins d'une minute.¹³⁰ Ces activités sont gérées dans le cadre de la routine quotidienne. Les activités opportunistes non planifiées, comme le trampoline ou les jeux à la récréation durent généralement moins de 15 minutes et entraînent rarement une hypoglycémie. Toutefois, si elles se prolongent plus d'un quart d'heure, l'enfant aura probablement besoin de glucides à absorption rapide. Cette hypothèse a été confirmée par une étude menée sur 50 jeunes s'entraînant sur un tapis pendant quatre périodes fractionnées de 15 minutes, où la baisse de la glycémie observée après 15 minutes était minime. Lorsque l'exercice durait entre 15 et 30 minutes cependant, la moitié des participants ont présenté une baisse de plus de 2 mmol/l (36 mg/dl).⁷¹ Il est donc recommandé de suivre les suggestions d'apports glucidiques des tableaux 4 et 5 à partir de 20 minutes d'exercice non planifié. Ces tableaux pourraient aussi servir à gérer les séances de sport à l'école et dans les camps de vacances. Ces suggestions doivent servir de point de départ et peuvent être adaptées à partir de l'expérience.

L'effet hypoglycémiant d'un exercice d'intensité modérée pratiqué après un repas a été établi dans un rapport compilant quatre ensembles de données (n = 120) qui a montré une diminution moyenne de la glycémie de 4,2 mmol/l (76 mg/dl) après 45 minutes.⁶⁵ Le plus puissant facteur prédictif de la baisse de la glycémie était le taux de glucose avant l'exercice : les personnes commençant avec un taux de glucose supérieur à 10,5 mmol/l (190 mg/dl) ont présenté une baisse médiane (intervalle interquartile) de 6,1 mmol/l (4,3-8,9) ou 110 mg/dl (78-160) avec très peu d'épisodes d'hypoglycémie.⁶⁵ Cela suggère qu'une activité modérée pour traiter rapidement une hyperglycémie entre les repas peut constituer une stratégie innovante à explorer dans des essais cliniques. De plus, la mise en œuvre pour 100 jeunes de l'acronyme mnémotechnique « GAME

» (temps dans la plage cible de Glucose souhaité, Alerte hyperglycémie définie en conséquence, Mode d'activité d'intensité modérée, Exercice en cas d'alerte hyper entre les repas si possible pendant 10 à 40 minutes selon la valeur et la tendance du glucose) a été le plus fort prédicteur de temps dans la plage cible (3,9 à 10,0 mmol/l ou 70 à 180 mg/dl) six mois après la participation à un programme d'éducation structurée centré sur la gestion proactive par SGC.¹³¹ Ce type de stratégie peut offrir aux parents et aux enfants une nouvelle option pour améliorer le temps dans la plage cible en réduisant rapidement l'hyperglycémie entre les repas, à condition que la cétonémie ne soit pas élevée. Cet usage de l'exercice physique nécessite des recherches complémentaires mais a le potentiel d'améliorer le temps dans la plage cible.

8. STRATÉGIES DE BOUCLE FERMÉE HYBRIDE

8.1 Technologie de boucle fermée hybride mono-hormonale (insuline seule)

La disponibilité commerciale des systèmes à boucle fermée hybride varie dans le monde. Tous ces systèmes disposent d'une option pour activer un objectif glycémique spécifique en prévision d'une activité physique. L'intérêt d'un « objectif d'exercice » est d'augmenter le taux de glucose et de maintenir un objectif glycémique plus élevé pendant la séance en ajustant l'algorithme d'administration de l'insuline. Le tableau 9 présente certaines différences entre les dispositifs disponibles dans le commerce, y compris les différents noms utilisés pour l'objectif spécifique à l'exercice (p. ex. Objectif temp., activité Exercice, Ease-off) et les différents objectifs glycémiques pendant l'activité par type d'appareil.

8.2 Objectifs spécifiques à l'exercice et suspension de la pompe sur des systèmes à boucle fermée hybride

Les exercices aérobies d'intensité faible à modérée durant plus de 30 minutes entraînent généralement une baisse des taux de glucose qui augmente le risque d'hypoglycémie.⁵⁸ Les sections suivantes décrivent des stratégies permettant de réduire le risque d'hypoglycémie associée à l'exercice pour les jeunes qui utilisent une technologie de boucle fermée hybride.

Quel que soit le système de boucle fermée hybride utilisé, les objectifs glycémiques spécifiques à l'exercice doivent être définis bien en amont d'une séance d'activité aérobie. Des études ont montré qu'avec un système à boucle hybride fermée, définir un objectif spécifique entre 90 et 120 minutes avant un exercice aérobie (de plus de 40 minutes) réduisait également le risque d'hypoglycémie.^{16,132} Lorsqu'il n'est pas possible de planifier un exercice à l'avance, il est tout de même utile de définir un objectif spécifique peu de temps avant l'exercice, même si la fenêtre de 90 à 120 minutes est passée. En effet, l'activation d'un objectif spécifique bloque l'administration d'un bolus automatique de correction (p. ex. sur les pompes 770G et 780G) et augmente la plage cible de sorte qu'une quantité réduite d'insuline basale sera délivrée pendant la séance.

Pour les activités qui risquent moins de provoquer une forte chute de glycémie (p. ex. les activités de courte durée [moins de 30 minutes]

et/ou certains exercices anaérobies de haute intensité) et les exercices pratiqués à jeun, il n'est pas forcément nécessaire de définir un objectif spécifique. Toutefois, Morrison et al.¹³² ont montré récemment qu'avec le système à boucle hybride fermée MiniMed®, définir un objectif d'exercice (« Objectif temp. ») 120 minutes avant une activité de haute intensité maintenait efficacement le temps dans la plage cible de glycémie. Pour étudier les exercices de plus longue durée chez les jeunes, le système Control-IQ® de Tandem a été comparé à un système de pompe avec capteur et surveillance à distance au cours d'un séjour aux sports d'hiver, et les résultats ont montré un meilleur pourcentage de temps dans la cible avec le système à boucle hybride fermée.¹³ Des études complémentaires devraient être menées pour comprendre s'il est nécessaire de définir un objectif spécifique pour diverses intensités et durées d'exercice physique.

Certains utilisateurs de système à boucle hybride fermée peuvent aussi préférer suspendre l'administration de l'insuline (suspension de la pompe) au lieu de définir un objectif spécifique pour réduire le risque d'hypoglycémie pendant un exercice aérobic. Pour les activités à fort impact et certains sports de contact (p. ex. lutte, arts martiaux, football américain et handball), la suspension et/ou le débranchement de la pompe peuvent être préférables, voire indispensables. Ce peut également être une stratégie plus efficace pour les activités physiques de courte durée.¹³³ Néanmoins, il faut impérativement éteindre le système à boucle hybride fermée pour que l'algorithme ne considère pas que l'insuline a été administrée. Les suspensions de pompe durant plus de 90 minutes doivent être évitées si elles ne sont pas remplacées par une administration d'insuline, par exemple toutes les heures en rebranchant la pompe ou avec un stylo-injecteur destiné à cet effet.

8.3 Stratégies d'ajustement de la dose bolus avant et après un exercice sur les systèmes à boucle fermée hybride

8.3.1 Avant l'exercice:

Bien que les études évaluant le moment et les stratégies spécifiques d'ajustement du bolus d'insuline pour l'exercice avec des systèmes à boucle fermée hybride soient peu nombreuses, cette section a été préparée sur la base de la littérature publiée existante¹⁵ et d'avis d'experts. Même avec la technologie de boucle fermée hybride, des réductions manuelles du bolus d'insuline prandiale avant un exercice peuvent être nécessaires car la durée d'action du bolus peut se prolonger pendant la séance d'activité physique si elle a lieu entre une et trois heures après un repas. Tout comme avec les systèmes de PSCI à boucle ouverte, les utilisateurs de systèmes à boucle fermée hybride devraient envisager une réduction de 25 à 75 % du bolus d'insuline lors du repas qui précède une séance d'exercice. Une étude récente menée chez des adultes utilisant un système à boucle fermée hybride par Tagougui et al.¹⁵ a montré que la combinaison d'un objectif spécifique défini immédiatement avant l'exercice et d'une réduction de 33 % du bolus d'insuline prandiale entraînait moins de temps dans la plage d'hypoglycémie ($2,0 \pm 6,2$ % du temps à $< 3,9$ mmol/l) que la seule définition d'un objectif spécifique à l'exercice ($7,0 \pm 12,6$ %) ou l'absence d'objectif spécifique avec bolus complet ($13,0 \pm 19,0$ %). Par conséquent, pour les exercices aérobies et mixtes pratiqués peu de temps après un repas, nous recommandons un plan de départ de réduction de 25 % du bolus au moment du repas précédant la séance (tableau 2). Il est important de noter que tous les

systèmes commercialisés ne disposent pas d'une fonction spécifique permettant de réduire le bolus. Une stratégie de contournement peut consister à saisir moins de glucides que la consommation réelle sur le système à boucle fermée hybride. Certains systèmes (p. ex. Tandem Control-IQ) permettent de configurer de multiples profils sur la pompe. L'utilisateur peut ainsi envisager d'ajouter un autre profil « activité » associé à un facteur de sensibilité à l'insuline plus élevé et un rapport insuline-glucides plus faible. Le système à boucle fermée hybride pourra ainsi suggérer un bolus d'insuline réduit. Aucune étude n'a cependant été menée pour évaluer ces différentes stratégies, qui doivent donc être discutées avec les professionnels de santé, individualisées, révisées et utilisées avec prudence.

Pour les exercices anaérobies de haute intensité ou la pratique en compétition, un plan de départ peut prévoir de ne pas réduire le bolus (c.-à-d. d'utiliser la dose bolus habituelle) lors du repas qui précède la séance. Il faut également noter que si le repas précédant l'exercice est riche en glucides, une réduction du bolus d'insuline peut entraîner une hausse de la glycémie avant le début de l'exercice, ce qui déclenche l'administration automatique d'insuline basale sur la plupart des systèmes à boucle fermée hybride, voire un bolus automatique de correction immédiatement avant l'exercice, entraînant un risque accru d'hypoglycémie. Ce risque peut être minimisé en optant pour un repas à faible teneur en glucides, lorsque c'est possible, et en définissant l'objectif spécifique à l'exercice rapidement après le repas de manière à limiter quelque peu l'administration d'insuline basale.

8.3.2 Après l'exercice:

Les recommandations de réduction du bolus du repas suivant la séance pour réduire le risque d'hypoglycémie associée à l'exercice sont justifiées. Les orientations relatives à la diminution du bolus après un exercice sur les systèmes à boucle fermée hybride ayant fait l'objet de peu d'études à ce jour, les suggestions de cette section reposent sur des avis d'experts. Le plan de départ (voir le tableau 2) concernant l'insuline prandiale après l'exercice consiste à réduire le bolus de 25 % quel que soit le type d'exercice.

8.4 Besoins en glucides avant et pendant un exercice sur les systèmes à boucle fermée hybride

Il existe quelques recommandations spécifiques concernant les apports en glucides liés à l'exercice pour les personnes qui utilisent un système à boucle fermée hybride. En premier lieu, le moment de la consommation des glucides avant l'exercice a son importance. Un apport glucidique longtemps avant l'exercice (au moins 20 minutes) tend à susciter une hausse de la glycémie déclenchant une augmentation de l'insuline administrée par le système à boucle fermée hybride, ce qui peut provoquer une hypoglycémie pendant l'activité. Ensuite, la quantité de glucides consommés peut être inférieure à la quantité normale lorsque le mode d'exercice a été activé bien en amont de l'activité et/ou si le bolus a été réduit en prévision de l'exercice. Les informations fournies par les systèmes de SGC permettent de choisir les quantités de glucides destinées à limiter les hypoglycémies pendant diverses formes d'exercice en fonction de la concentration de glucose et des flèches de tendance de la SGC.¹⁰

8.4.1 Avant l'exercice:

S'il a été démontré que la consommation d'en-cas non couverts par l'insuline 30 minutes avant un exercice peut réduire les hypoglycémies chez des hommes traités par IQM,¹³⁴ avec la technologie de boucle fermée hybride en revanche, l'augmentation des taux de glucose mesurés par le capteur associée à l'en-cas non couvert entraîne logiquement une augmentation de la délivrance automatisée d'insuline et, par suite, un risque accru d'hypoglycémie pendant l'activité. Le consensus actuel préconise de ne consommer des glucides que dans les 5 à 10 minutes précédant le début de l'exercice, ou uniquement en cas d'hypoglycémie constatée avant la séance. Lorsqu'un apport en glucides est nécessaire une à deux heures avant l'exercice, un bolus d'insuline réduit d'environ 25 % doit être administré (voir ci-dessus) et le système à boucle fermée hybride doit être placé en « mode d'activité ».

8.4.2 Pendant l'exercice

Les décisions relatives aux apports en glucides nécessaires pour prévenir une hypoglycémie pendant l'exercice doivent être prises sur la base des données de glucose de la SGC et des flèches de tendance (le cas échéant)¹⁰ (tableau 5). Pendant l'exercice, la consommation de petites quantités de glucides peut également réduire le risque d'hyperglycémie de « rebond » après la séance. Parmi les autres stratégies permettant de réduire les hypoglycémies, il est possible de planifier l'exercice à un moment où il n'y a que peu, voire pas de bolus d'insuline dans la circulation, ou de le retarder jusqu'à la phase « post-absorptive » (c.-à-d. à partir de trois heures après un repas avec bolus d'insuline) pour permettre aux concentrations d'insuline prandiale de baisser avant la séance, en activant le mode d'exercice sur le système à boucle fermée hybride. Si une hypoglycémie apparaît pendant l'exercice, les utilisateurs d'un système à boucle fermée hybride peuvent avoir besoin de la traiter avec une petite quantité de glucides (p. ex. 10 grammes), toutefois cela dépend grandement de la taille de la personne et de la quantité d'insuline et d'hormones contre-régulatrices dans la circulation.

8.5 Hyperglycémie post-exercice

La plupart du temps, les systèmes à boucle fermée hybride semblent gérer efficacement une légère hyperglycémie survenant après un exercice, en particulier si le système est ramené en mode automatique de boucle fermée standard (c.-à-d. en désactivant le mode d'activité). Dans certains cas, un petit bolus de correction (p. ex. 50 % de la dose de correction habituelle) peut être nécessaire en cas d'hyperglycémie extrême après l'exercice (c.-à-d. > 15,0 mmol/l, 270 mg/dl).

8.6 Activité planifiée et non planifiée

Les professionnels de santé doivent aborder plusieurs options d'utilisation des systèmes à boucle fermée hybride en prévision d'un exercice ou d'une activité physique, en fonction du mode de vie et des objectifs de l'utilisateur. Par exemple, certains jeunes peuvent préférer planifier un exercice à l'avance tandis que d'autres peuvent trouver la planification en amont compliquée et choisir une autre option. Dans la section suivante, nous aborderons les diverses options des systèmes à boucle fermée hybride visant à réduire le risque de dysglycémie associée à une activité planifiée et non planifiée.

8.7 Exercice planifié avec un système à boucle fermée hybride

D'après les recherches cliniques limitées menées sur les stratégies de boucle fermée hybride en lien avec l'exercice physique et sur des consensus d'experts, les options suivantes devraient être envisagées lorsque la personne dispose de temps pour se préparer à l'exercice :

Réduction du bolus avant l'exercice	<ul style="list-style-type: none"> Envisager une réduction de 25 % du bolus prandial avant l'exercice (pour éviter une hausse de la glycémie déclenchant une augmentation de la délivrance automatisée d'insuline avant l'exercice, et donc une plus grande quantité d'insuline embarquée) La réduction du bolus entraînera aussi une diminution de l'insuline embarquée au début de l'exercice
Objectif spécifique avant l'exercice	<ul style="list-style-type: none"> À définir une à deux heures avant l'exercice À désactiver à la fin de l'exercice Si le risque d'hypoglycémie augmente, conserver un objectif spécifique plus élevé pendant une à deux heures lors de la récupération
Réduction du bolus et objectif spécifique avant l'exercice	<ul style="list-style-type: none"> Il est possible d'envisager une réduction de 25 % du bolus accompagnant le repas qui précède l'exercice, et de définir un objectif spécifique une à deux heures avant l'exercice
Insuline embarquée réduite avant le début de l'exercice	<ul style="list-style-type: none"> Prendre le repas principal au moins trois heures avant l'exercice
Suspension ou débranchement de la pompe	<ul style="list-style-type: none"> Éviter les suspensions prolongées (> 120 minutes) de la pompe en raison du risque d'hyperglycémie ou d'élévation des cétones

8.8 Exercice non planifié avec un système à boucle fermée hybride

Lorsque la personne n'a pas le temps de se préparer à l'exercice, les options suivantes peuvent être envisagées :

Consommation de glucides avant l'exercice	<ul style="list-style-type: none"> Envisager un en-cas riche en glucides 5 à 10 minutes avant l'exercice La consommation de glucides trop en amont de l'exercice entraîne une hausse de la glycémie et la délivrance automatisée d'insuline Les quantités de glucides nécessaires pour l'exercice sont moins importantes car la technologie de boucle fermée hybride peut réduire la délivrance automatisée d'insuline si nécessaire, et administrer davantage d'insuline en cas de besoin
---	---

Consommation de glucides pendant l'exercice	<ul style="list-style-type: none"> Envisager un apport en glucides environ toutes les 30 minutes pendant l'exercice
Réduction du bolus après l'exercice	<ul style="list-style-type: none"> S'il existe un risque accru d'hypoglycémie ou en cas d'hypoglycémie après l'exercice, envisager pour commencer une réduction de 25 % du bolus accompagnant le repas qui suit la séance
Insuline embarquée réduite avant le début de l'exercice	<ul style="list-style-type: none"> Prendre le repas principal au moins trois heures avant l'exercice
Suspension ou débranchement de la pompe	<ul style="list-style-type: none"> Éviter les suspensions prolongées (> 120 minutes) de la pompe en raison du risque d'hyperglycémie ou d'élévation des cétones

8.9 Considérations particulières

Dans cette section, nous présentons quelques éléments particuliers à prendre en considération et des astuces dans le contexte de l'exercice physique, et plus particulièrement pour les situations où les recommandations qui précèdent ne semblent pas adaptées ou efficaces. Cette partie aborde également certaines différences spécifiques entre les systèmes à boucle fermée hybride en lien avec l'exercice.

Passer en mode manuel ou à un système de PSCI à boucle ouverte pour préparer l'exercice	<ul style="list-style-type: none"> Envisager une réduction de 50 à 80 % de l'insuline basale 90 minutes avant l'exercice et jusqu'à la fin de la séance
Suspension ou débranchement de la pompe	<ul style="list-style-type: none"> Éviter les suspensions prolongées (> 120 minutes) de la pompe en raison du risque d'hyperglycémie ou d'élévation des cétones Ajustement nécessaire uniquement avant l'exercice, puis, pour éviter une carence en insuline pendant la séance, possibilité d'ajouter au moins 50 % du taux basal habituel toutes les heures
Astuces avec le système Tandem Control-IQ pour l'exercice	<ul style="list-style-type: none"> Configurer un profil d'activité Exercice Activer un autre profil d'activité personnalisé 90 minutes avant l'exercice en ajustant le taux basal, le rapport insuline-glucides et le facteur de sensibilité à l'insuline Si un bolus de correction minimal de 0,05 U est délivré avant l'exercice, cela bloquera la correction automatique par le système Ne pas oublier de désactiver le profil d'activité Exercice pour éviter une hyperglycémie après l'exercice

Astuces avec le système CamAPS pour l'exercice	<ul style="list-style-type: none"> Personnaliser l'objectif glycémique sur la base de l'expérience antérieure et utiliser le mode d'exercice Utiliser le mode Ease-Off après une possible hypoglycémie Utiliser le mode Boost pendant une hyperglycémie prolongée
--	--

9. RECOMMANDATIONS SPÉCIFIQUES POUR LES JEUNES ATTEINTS DE DIABÈTE DE TYPE 1

9.1 Glycémie et performance physique

Il a été démontré que seul un petit nombre de jeunes planifie des adaptations avant et pendant l'activité physique, ce qui souligne la nécessité d'organiser des formations et des entretiens de motivation.¹³⁵ Éviter une hypoglycémie aiguë liée à l'exercice est un objectif de sécurité majeur pour les jeunes atteints de DT1 ; de plus, l'hypoglycémie dégrade les performances et peut accroître l'effort perçu. Toutefois, la question de savoir si, et dans quelle mesure, l'hyperglycémie influence la capacité d'exercice doit encore être clarifiée. Une récente étude⁷ menée auprès d'adolescents et de jeunes adultes atteints de DT1 pratiquant une activité de loisir a comparé l'euglycémie et l'hyperglycémie à l'état normal et en hypo-insulinémie, et observé que le pic de VO₂ n'était réduit que de façon marginale lorsque la glycémie était maintenue à 17,0 mmol/l (306 mg/dl), et que la puissance maximale de sprint était même légèrement accrue. L'hyperglycémie avait une influence marginale sur le temps de réaction à l'état hypo-insulinémique, mais aucune autre différence n'a été observée. Cette étude n'a pas évalué l'utilisation des apports nutritionnels, la cinétique de la VO₂, ni d'autres marqueurs. Chez des adultes¹³⁶ atteints de DT1, une légère hyperglycémie (12,4 mmol/l ; 223 mg/dl) n'a pas eu d'effet sur la capacité d'exercice, l'effort perçu, ni l'oxydation des glucides.

Une HbA_{1c} élevée est associée à une altération de la capacité d'exercice chez les adultes atteints de DT1,¹³⁷ mais une glycémie étroitement contrôlée est associée à une capacité d'exercice similaire à celle des personnes sans DT1. Les réponses pulmonaire, cardiaque et vasculaire à l'exercice sont altérées chez les personnes atteintes de DT1 mal contrôlé, et des modèles animaux ont montré qu'une hyperglycémie chronique atténue les effets bénéfiques de l'exercice,¹³⁸ avec un remodelage aérobie dégradé des muscles squelettiques. Parvenir à un contrôle durable des objectifs glycémiques semble donc indispensable pour optimiser la santé cardiovasculaire et la performance physique.

9.2 Compétition

Une hyperglycémie aiguë est fréquente chez les jeunes atteints de DT1 dans le cadre d'une activité physique pratiquée en compétition, même lorsque la glycémie est normale ou insuffisante pendant l'entraînement ou dans des conditions de faible stress hors compétition. Un état adrénergique élevé contribue probablement à une hausse de la libération de glucose par le foie, voire à une insulino-résistance.

Compte tenu du petit nombre d'essais cliniques sur ce sujet, il est préférable d'adopter une approche pratique, mettant en avant le temps supplémentaire nécessaire pour préparer la compétition en amont, la nécessité de surveiller précocement la glycémie pour détecter l'apparition d'une hyperglycémie liée au stress et réduire le risque d'apports énergétiques excessifs avant la compétition.

Pour les personnes sous insulinothérapie par pompe, une augmentation temporaire de l'administration d'insuline basale peut être configurée au moment de l'apparition prédite (ou observée) de l'hyperglycémie. Il est cependant important de ramener le taux à la normale ou à un niveau inférieur peu de temps avant le début de la compétition pour éviter une hypoglycémie résultant de la résolution de l'état adrénérgique pendant ou peu de temps après la compétition. Pour les personnes utilisant un système à boucle fermée hybride, retarder l'activation du mode d'exercice peut réduire le risque d'hyperglycémie liée au stress en permettant d'augmenter l'administration d'insuline basale et/ou de maintenir des doses de correction automatique.

Adopter une routine avant un match ou une course peut être utile pour les personnes qui ont régulièrement une hyperglycémie associée à la compétition. Cela peut comprendre un échauffement aérobie de faible intensité (marche ou jogging lent) pour réduire les taux d'hormones contre-régulatrices et faciliter la captation du glucose, ou toute autre stratégie de préparation mentale. Les données sur l'efficacité de telles stratégies sont insuffisantes. En général, une hyperglycémie aiguë induite par l'excitation ou le stress se normalise rapidement une fois que l'activité a démarré. La correction drastique d'une hyperglycémie causée par l'excitation ou le stress avant la compétition risque d'augmenter la probabilité d'une hypoglycémie tardive ou après l'activité.

9.3 Débranchement prolongé de la pompe

Il est parfois souhaitable de débrancher la pompe pendant une période prolongée. Les sports pratiqués dans l'eau (natation, plongée) ou sur l'eau (voile), par exemple, nécessitent de débrancher certains dispositifs. De même, il convient de débrancher les appareils pour les sports de contact (lutte, handball, hockey sur glace, football américain ou australien). La pompe peut aussi être débranchée en vue de réduire le risque d'hypoglycémie. Pour les jeunes atteints de DT1 sous insulinothérapie par pompe, arrêter la perfusion d'insuline basale (suspension ou débranchement de la pompe) au début d'un exercice aérobie d'intensité modérée (d'une durée d'environ 60 minutes) pratiqué en fin d'après-midi peut réduire le risque d'hypoglycémie pendant la séance.¹³⁹ À noter cependant que la suspension de la pompe peut ne pas être aussi efficace qu'une diminution de l'insuline basale¹¹² (ou que la configuration d'un objectif plus élevé pour l'exercice) 90 à 120 minutes en amont de la séance. Bien que généralement peu fréquents,¹⁴⁰ des problèmes peuvent survenir en cas de suspension prolongée (> 120 minutes) de la pompe, en particulier chez les jeunes enfants (de quatre à neuf ans),¹⁴¹ notamment un risque d'élévation de la cétonémie et d'oubli de réactiver l'administration d'insuline après l'exercice. Si la pompe doit être débranchée pendant plus de 90 minutes, différentes stratégies peuvent permettre d'éviter une carence en insuline : rebrancher la pompe toutes les 60 minutes pour administrer un bolus correspondant à environ 50 % de la dose

standard pour une heure ou adopter un schéma hybride d'injections d'insuline décrit ci-après.

9.4 Considérations environnementales : natation, surf ou voile en eaux libres, température ambiante, haute altitude et plongée sous-marine

9.4.1 Natation, surf ou voile en eaux libres

La natation, le surf et la voile en eaux libres exposent le corps à des températures basses (voir ci-après) et à l'eau. Il peut être nécessaire de débrancher la pompe pendant une période prolongée (voir ci-dessus) et/ou de combiner l'insulinothérapie par pompe avec un traitement par stylo-injecteur et de sélectionner un type d'insuline adapté à la durée de débranchement de la pompe. Un schéma hybride d'injections d'insuline dégludec et d'insulinothérapie par pompe (débranchée pendant l'exercice) s'est révélé sûr et efficace chez des adultes.¹⁴² La même approche combinant l'insulinothérapie par pompe et des injections d'insuline glargine chez des enfants a aussi montré que cette stratégie est réalisable et pourrait réduire le risque d'hyperglycémie et d'acidocétose pendant une suspension prolongée de la pompe.¹⁴³

9.4.2 Température ambiante

Les températures élevées tendent à augmenter le taux d'absorption de l'insuline, et les températures basses ont l'effet inverse¹⁴⁴ à prendre en compte pour les activités en eaux libres (exposées ci-dessus). Le port d'une combinaison peut protéger du froid. Une température ambiante élevée peut aussi entraîner un stress susceptible d'augmenter les dépenses énergétiques, et donc le risque d'une baisse rapide de la glycémie.

La précision des lecteurs de glycémie peut être affectée par divers facteurs, dont la température et l'altitude (voir ci-après). Il est donc recommandé d'apprendre à connaître les valeurs limites du lecteur utilisé. De plus, une température élevée peut provoquer une déshydratation, également responsable d'une altération de la précision des appareils de SGC. Une bonne hydratation est donc primordiale, car en cas de déshydratation sévère, les mesures de glucose du capteur peuvent être inexactes.

À l'inverse, les températures basses peuvent également altérer la précision des mesures, voire rendre impossible l'obtention d'une valeur de glycémie. C'est généralement le cas des moniteurs de glycémie maintenus à des températures inférieures à 0°C (32°F). Pour pratiquer une activité physique dans de telles conditions, la SGC est une meilleure option.¹⁴⁵

9.4.3 Haute altitude

Le ski de piste ou l'alpinisme sont des activités qui se pratiquent en altitude. La haute altitude peut provoquer une anorexie et une augmentation des dépenses énergétiques susceptibles d'entraîner une dysglycémie, tandis que l'hypoxie peut altérer le jugement et la prise de décision. L'exercice et le stress dans ces conditions affectent également la réponse hormonale contre-régulatrice. Optimiser la glycémie est donc crucial. La précision des lecteurs de glycémie pouvant être altérée à haute altitude, la SGC pourrait être recommandée pour une utilisation combinée. Une revue publiée

fournit des informations complémentaires sur la pratique d'une activité physique en haute altitude.¹⁴⁶

9.4.4 Plongée sous-marine

Des recommandations officielles pour la pratique de la plongée pour les personnes diabétiques sous insulinothérapie ont été publiées au début des années 1990. Un consensus a par la suite été établi à l'issue d'un atelier mené en 2005.¹⁴⁷

La pratique de la plongée avec un diabète traité par insuline est désormais approuvée avec certaines réserves dans la plupart des pays.^{148,149} Une évaluation attentive et régulière reste cependant indispensable pour garantir que les activités de plongée peuvent être pratiquées. Dans le cadre de la plongée, il est donc important d'exercer une autosurveillance attentive et des ajustements des doses d'insuline réfléchis, et de déterminer soigneusement les apports glucidiques précédant chaque plongée.

La glycémie doit être testée 60, 30 et 10 minutes avant une plongée, et immédiatement après. Pendant cette période, une glycémie stable sans valeurs ou tendances à la baisse est recherchée, et les taux doivent se trouver dans la zone de sécurité d'au moins 8,3 mmol/l (150 mg/dl) avant la plongée.¹⁵⁰

Pour les jeunes, des programmes autorisent la plongée sous-marine à des profondeurs réduites, mais en cas de diabète, des aspects autres que l'âge doivent être pris en compte. Pour commencer la plongée, il convient d'avoir une condition physique et une personnalité appropriées, mais aussi une glycémie bien contrôlée. Pour les jeunes, cela implique d'être capables de prendre de bonnes décisions en cas d'urgence, et d'en évaluer les conséquences. Sur cette base, un certificat Junior Open Water Diver Certificate ne peut être recommandé que dans de rares cas chez les jeunes atteints de DT1, tandis que le facteur limitant du DT2 dans la même tranche d'âge est la condition physique.

10. CONTRE-INDICATIONS À L'ACTIVITÉ PHYSIQUE ET AU SPORT

Le DT1 ne devrait pas être une contre-indication à la pratique de l'éducation physique et du sport à tous les niveaux d'éducation, en entraînement comme compétition. La plage cible optimale pour la glycémie avant un exercice est comprise entre 90 et 270 mg/dl (5,0 à 15 mmol/l). Chez les personnes diabétiques qui utilisent un système de SGC, les tendances glycémiques doivent être prises en considération. La glycémie doit être testée si la valeur du glucose du capteur est limite, car la précision du capteur diminue pendant l'exercice. Les personnes diabétiques dont la glycémie se trouve dans la plage optimale peuvent généralement pratiquer une activité physique, consommer des glucides et ajuster les doses d'insuline sans risque.

10.1 Contre-indications temporaires à l'activité physique:

1. Épisode d'hypoglycémie sévère dans les 24 heures qui précèdent (hypoglycémie associée à une altération cognitive sévère nécessitant une assistance externe pour récupérer). Les antécédents d'hypoglycémie sévère dégradent la réponse

hormonale contre-régulatrice pendant la pratique de l'exercice, ce qui augmente le risque de récurrence de l'hypoglycémie.¹⁵¹

2. Hyperglycémie $\geq 15,0$ mmol/l (270 mg/dl) accompagnée d'une cétonémie/cétonurie due à une carence en insuline et non à un excès de glucides. Une cétonémie $\geq 1,5$ mmol/l est une contre-indication absolue au démarrage et à la poursuite d'une activité physique. En cas de cétonémie entre 1,0 et 1,4 mmol/l (cétonurie ++), l'exercice doit être repoussé au moment où les taux de cétones seront normalisés après l'administration d'un bolus d'insuline de correction.
3. Les blessures ou les infections aiguës peuvent précipiter une hyperglycémie chez les personnes atteintes de diabète, car elles tendent à intensifier la réponse des catécholamines et du cortisol.

Outre les contre-indications temporaires à l'activité physique, il existe des contre-indications à la pratique sportive en compétition. Les personnes qui présentent un diabète particulièrement instable, de fréquentes complications aiguës sévères du diabète et des complications chroniques avancées ne devraient pas pratiquer de sport de compétition tant que les problèmes ne sont pas stabilisés.

11. ÉCOLE ET CAMPS DE VACANCES

L'école donne à la plupart des jeunes des occasions de pratiquer une activité physique. L'environnement scolaire a le potentiel de promouvoir l'activité physique chez les jeunes, au travers de cours d'éducation physique, d'activités périscolaires (activité physique structurée) et des récréations dans la journée ou à la pause déjeuner (activité physique discrétionnaire). Les élèves diabétiques devraient participer sans restriction aux cours d'éducation physique et aux autres activités physiques proposées à l'école, sous réserve qu'ils ne présentent pas de contre-indication à l'exercice.

Les cours d'éducation physique et les autres éléments actifs de la vie scolaire peuvent être associés à des perturbations de la glycémie. La communication et la coopération entre l'élève, son professionnel de santé, ses parents, l'infirmier scolaire, le professeur d'éducation physique ou l'entraîneur sportif sont essentielles, de même que des objectifs incluant un plan pertinent de mesures du glucose, d'ajustements de l'insuline et de nutrition pendant et après les séances. L'éducation thérapeutique du diabète apparaît donc cruciale, et il existe des cours virtuels sur le diabète (p. ex. en Australie *T1D Learning Centre - Courses*).

En ce qui concerne les cours d'éducation physique, un plan de prise en charge du diabète doit être élaboré, avec des instructions détaillées pour les élèves, leurs professeurs et leurs entraîneurs. L'objectif principal est toujours d'éviter l'hypoglycémie pendant et après l'exercice. Pour la plupart des activités physiques pratiquées à l'école, les recommandations sont similaires à celles exposées ci-dessus.

Les camps de vacances spécialement destinés aux enfants atteints de DT1 offrent une excellente opportunité d'acquérir de nouvelles compétences pour la gestion de l'activité physique. Les conseils sur la nutrition et l'ajustement de l'insuline pour l'exercice peuvent

abaisser les taux d'HbA1c.¹⁵² Les enfants acquièrent une expérience qu'ils peuvent également partager avec leurs pairs diabétiques. Les professionnels de santé peuvent eux aussi tirer profit de ces expériences.¹⁵³

12. PRATIQUE D'UNE ACTIVITÉ PHYSIQUE POUR LES ENFANTS DIABÉTIQUES SOUS INSULINOTHÉRAPIE DANS DES CONTEXTES DE SOINS LIMITÉS

Malgré la forte recommandation d'un schéma d'insulinothérapie intensive (IQM et PSCI) chez les jeunes atteints de DT1, un nombre considérable de ces jeunes sont encore traités selon des schémas conventionnels.¹⁵⁴⁻¹⁵⁶

Dans de nombreux pays à faibles revenus, les bandelettes de test ne sont pas couvertes par l'assurance santé universelle. Même une ASG optimale (au moins quatre fois par jour) est impossible en raison des coûts.¹⁵⁷ Lorsque des tests de cétonémie sont disponibles, leur coût est élevé et leur utilisation n'est pas généralisée chez les personnes diabétiques. Pour les enfants sous schéma d'insulinothérapie conventionnel avec ASG limitée, il est difficile de maintenir une glycémie normale pendant la pratique d'une activité physique.

12.1 Insulinothérapie conventionnelle

Dans les schémas conventionnels, une combinaison d'insuline NPH et ordinaire ou d'analogue de l'insuline à action rapide est administrée au moment du petit déjeuner et du dîner, ou de l'insuline prémélangée est administrée deux fois par jour. Ce type de schéma n'est toutefois pas recommandé.

Lorsqu'une activité physique a lieu après un repas, la dose d'insuline prémélangée doit être réduite d'environ 20 à 50 %¹⁵⁸ pour limiter le risque d'hypoglycémie au cours de l'exercice, mais une hyperglycémie peut survenir plus tard dans la journée car la quantité d'insuline à action intermédiaire a également été réduite.

Si l'exercice est planifié pour avoir lieu dans les deux ou trois heures suivant l'injection d'insuline, la dose d'insuline à action rapide ou d'insuline ordinaire peut être diminuée. Si l'exercice a lieu autour du pic d'action de l'insuline NPH (p. ex. à midi) ou s'il se prolonge plusieurs heures, la dose de NPH doit être réduite. Toutefois, il arrive très souvent que malgré la dose réduite, des glucides supplémentaires soient nécessaires pendant l'activité. Si l'exercice n'est pas planifié, il est recommandé de consommer des glucides avant et pendant l'activité.

13. DIABÈTE DE TYPE 2 ET EXERCICE

La plupart des recommandations qui précèdent s'appliquent également au DT2 et cette section apporte quelques éléments complémentaires sur la prise en charge des jeunes atteints de DT2. Les comorbidités sont décrites dans le chapitre 3 des recommandations de consensus 2022 de l'ISPAD sur le diabète de type 2 chez l'enfant et l'adolescent.

13.1 L'activité physique améliore la santé cardiovasculaire des adolescents atteints de DT2.

La pratique d'une activité physique quotidienne est une pierre angulaire de la prévention des complications cardiométaboliques associées au DT2, et un objectif clinique des recommandations nationales et internationales de prise en charge du diabète.^{1,159-162} Des revues systématiques font apparaître de solides associations dose-réponse entre l'activité physique et plusieurs critères de santé cardiométabolique chez des jeunes de poids sain et obèses.¹⁶³⁻¹⁶⁵ Ces associations ont été répliquées dans des études expérimentales menées chez des adolescents atteints d'obésité.¹⁶⁶⁻¹⁶⁹ Il est important de noter que les bénéfices pour la santé cardiométabolique associés à la pratique d'une activité physique modérée à intense ont été démontrés chez des adolescents vivant avec diverses maladies chroniques.^{170,171} Le corpus de recherche est considérablement plus réduit sur le rôle de l'activité physique dans la santé cardiométabolique des adolescents atteints de DT2.

À ce jour, seules trois études, toutes transversales, ont examiné l'association entre activité physique^{17,81,172} et critères de santé cardiométabolique chez les adolescents atteints de DT2. La plus vaste (n = 588) s'appuyait sur des enquêtes menées lors de consultations cliniques et a observé que les adolescents atteints de DT2 qui déclaraient avoir une activité physique au moins trois jours par semaine présentaient des taux plus faibles d'HbA1c et plus élevés de cholestérol HDL (High Density Lipoprotein) que les adolescents moins actifs.⁸¹ Une récente étude observationnelle canadienne a montré que des adolescents atteints de DT2 physiquement actifs avaient une probabilité réduite de 40 % de présenter une albuminurie (aOR 0,60 ; IC 95 % 0,19-0,84) et une probabilité réduite de 50 % de présenter des taux d'HbA1c supérieurs à 8,0 % (> 60 mmol/mol ; aOR 0,50 ; IC 95 % 0,26-0,98).¹⁷ Chez des adolescents atteints de DT2 qui pratiquent régulièrement une activité physique intensive, une tendance à un risque réduit d'hypertension nocturne a également été constatée (aOR 0,54 ; IC 95 % 0,27-1,07). Ces observations conjuguées semblent démontrer qu'une activité physique régulière est associée à une meilleure santé cardiométabolique chez les adolescents atteints de DT2. Des ECR sont toutefois nécessaires pour confirmer ces résultats.

13.2 Des facteurs psychosociaux fréquents entravent les changements de comportement chez les adolescents atteints de DT2.

Pour de nombreux adolescents atteints de DT2, l'adoption d'une bonne hygiène de vie, incluant une activité physique quotidienne, relève du défi.¹⁷³⁻¹⁷⁵ Cela s'explique en partie par l'exposition à des facteurs psychosociaux tels que des traumatismes dans l'enfance, la pauvreté^{176,177} et des problèmes de santé mentale.¹⁷⁸⁻¹⁸⁴ Les troubles de la santé psychique sont fréquents chez les adolescents atteints de DT2^{185,186} et dégradent la qualité de vie et la disposition à instaurer une activité physique quotidienne.⁴⁴ Par exemple, la probabilité qu'un adolescent atteint de DT2 soit prêt à adopter une nouvelle hygiène de vie (comprenant une activité physique quotidienne) est réduite d'environ 14 % pour chaque point d'augmentation de l'anxiété, de la dépression et de la détresse émotionnelle.⁴⁴ En revanche, les adolescents atteints de DT2 qui déclaraient une plus grande résilience,

et plus particulièrement un lien avec les autres et l'impression de maîtriser leur vie avaient une probabilité accrue de 5 à 10 % d'être engagés dans un changement de comportement durable.⁴⁴ Il existe un besoin urgent de mettre au point des interventions comportementales ciblant spécifiquement ces facteurs de stress et accompagnant les adolescents atteints de DT2 pour augmenter leur activité physique quotidienne.

13.3 Les approches conventionnelles de changement comportemental sont inefficaces chez les adolescents qui vivent avec le DT2.

Modifier les comportements des adolescents à risque ou atteints de DT2 est une tâche complexe, et la stratégie optimale pour améliorer l'activité physique chez ces adolescents reste à définir. De récentes revues systématiques¹⁸⁷⁻¹⁸⁹ suggèrent que l'efficacité des interventions comportementales conventionnelles chez les adolescents atteints d'obésité est peu marquée et rarement durable. Ces effets modestes peuvent s'expliquer par le constat qu'environ 80 % des ECR étudiant des interventions comportementales ne proposaient que 30 minutes d'accompagnement par semaine, et seules deux interventions sur 35 portaient sur des facteurs psychosociaux.¹⁹⁰⁻¹⁹² L'étude TODAY (Treatment Options for Type 2 Diabetes in Adolescents and Youth) est le seul essai thérapeutique comparant une intervention comportementale d'augmentation de l'activité physique quotidienne à la prise en charge standard chez des adolescents vivant avec le DT2.¹⁹³ Cette intervention intensive d'hygiène de vie sur de deux ans était fondée sur les principes des thérapies comportementales et cognitives (TCC) et offrait un accompagnement solide à des adolescents atteints de DT2 pour perdre du poids et augmenter leur activité physique.¹⁹³ Malgré les efforts rigoureux de l'équipe comportementale, l'intervention intensive d'hygiène de vie n'a pas réussi à maintenir les taux d'HbA1c cibles (< 8 % ou < 60 mmol/mol)⁴⁸ ni les comportements sains.¹⁹⁴ La non-prise en compte des facteurs psychosociaux peut expliquer l'efficacité médiocre de cette approche.¹⁹⁴ D'autres ECR sont nécessaires pour déterminer l'approche optimale pour soutenir l'adoption et le maintien d'une activité physique quotidienne régulière chez les adolescents atteints de DT2.

Références:

- Adolfsson P, Riddell MC, Taplin CE, et al. ISPAD clinical practice consensus guidelines 2018: Exercise in children and adolescents with diabetes. *Pediatr Diabetes*. 2018;19 Suppl 27:205-226.
- Jendle JH, Riddell MC, Jones TW. *Physical Activity and Type 1 Diabetes*. In: Lausanne: Frontiers Media SA; 2020.
- Klaprat N, MacIntosh A, McGavock JM. Gaps in Knowledge and the Need for Patient-Partners in Research Related to Physical Activity and Type 1 Diabetes: A Narrative Review. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2019;10:42.
- Yardley JE, Brockman NK, Bracken RM. Could Age, Sex and Physical Fitness Affect Blood Glucose Responses to Exercise in Type 1 Diabetes? *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2018;9:674.
- Chetty T, Shetty V, Fournier PA, Adolfsson P, Jones TW, Davis EA. Exercise Management for Young People With Type 1 Diabetes: A Structured Approach to the Exercise Consultation. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2019;10:326.
- Tagougui S, Taleb N, Rabasa-Lhoret RJFie. *The benefits and limits of technological advances in glucose management around physical activity in patients type 1 diabetes*. 2019;9:818.
- Rothacker KM, Armstrong S, Smith GJ, et al. Acute hyperglycaemia does not have a consistent adverse effect on exercise performance in recreationally active young people with type 1 diabetes: a randomised crossover in-clinic study. *Diabetologia*. 2021;64(8):1737-1748.
- Yardley JE. The Athlete with Type 1 Diabetes: Transition from Case Reports to General Therapy Recommendations. *Open Access J Sports Med*. 2019;10:199-207.
- Riddell MC, Scott SN, Fournier PA, et al. The competitive athlete with type 1 diabetes. *Diabetologia*. 2020.
- Moser O, Riddell MC, Eckstein ML, et al. Glucose management for exercise using continuous glucose monitoring (CGM) and intermittently scanned CGM (isCGM) systems in type 1 diabetes: position statement of the European Association for the Study of Diabetes (EASD) and of the International Society for Pediatric and Adolescent Diabetes (ISPAD) endorsed by JDRF and supported by the American Diabetes Association (ADA). *Pediatr Diabetes*. 2020;21(8):1375-1393.
- Petruzelkova L, Soupal J, Plasova V, et al. Excellent Glycemic Control Maintained by Open-Source Hybrid Closed-Loop AndroidAPS During and After Sustained Physical Activity. *Diabetes technology & therapeutics*. 2018;20(11):744-750.
- Renard E, Tubiana-Rufi N, Bonnemaïson-Gilbert E, et al. Closed-loop driven by control-to-range algorithm outperforms threshold-low-glucose-suspend insulin delivery on glucose control albeit not on nocturnal hypoglycaemia in prepubertal patients with type 1 diabetes in a supervised hotel setting. *Diabetes Obes Metab*. 2019;21(1):183-187.
- Ekhlaspour L, Forlenza GP, Chernavsky D, et al. Closed loop control in adolescents and children during winter sports: Use of the Tandem Control-IQ AP system. *Pediatr Diabetes*. 2019;20(6):759-768.
- Dovc K, Piona C, Yesiltepe Mutlu G, et al. Faster Compared With Standard Insulin Aspart During Day-and-Night Fully Closed-Loop Insulin Therapy in Type 1 Diabetes: A Double-Blind Randomized Crossover Trial. *Diabetes Care*. 2020;43(1):29-36.
- Tagougui S, Taleb N, Legault L, et al. A single-blind, randomised, crossover study to reduce hypoglycaemia risk during postprandial exercise with closed-loop insulin delivery in adults with type 1 diabetes: announced (with or without bolus reduction) vs unannounced exercise strategies. *Diabetologia*. 2020;63(11):2282-2291.
- Paldus B, Morrison D, Zaharieva DP, et al. A Randomized Crossover Trial Comparing Glucose Control During Moderate-Intensity, High-Intensity, and Resistance Exercise With Hybrid Closed-Loop Insulin Delivery While Profiling Potential Additional Signals in Adults With Type 1 Diabetes. *Diabetes Care*. 2022;45(1):194-203.
- Slaght JL, Wicklow BA, Dart AB, et al. Physical activity and cardiometabolic health in adolescents with type 2 diabetes: a cross-sectional study. *BMJ Open Diabetes Res Care*. 2021;9(1).
- Absil H, Baudet L, Robert A, Lysy PA. Benefits of physical activity in children and adolescents with type 1 diabetes: A systematic review. *Diabetes research and clinical practice*. 2019;156:107810.
- Tapia-Serrano MA, Sevil-Serrano J, Sanchez-Miguel PA, Lopez-Gil JF, Tremblay MS, Garcia-Hermoso A. Prevalence of meeting 24-Hour Movement Guidelines from pre-school to adolescence: A systematic review and meta-analysis including 387,437 participants and 23 countries. *J Sport Health Sci*. 2022;11(4):427-437.
- Lagestad P, van den Tillaar R, Mamen A. Longitudinal Changes in Physical Activity Level, Body Mass Index, and Oxygen Uptake Among Norwegian Adolescents. *Front Public Health*. 2018;6:97.
- Nadeau KJ, Regensteiner JG, Bauer TA, et al. Insulin resistance in adolescents with type 1 diabetes and its relationship to cardiovascular function. *J Clin Endocrinol Metab*. 2010;95(2):513-521.
- Wittmeier KD, Wicklow BA, MacIntosh AC, et al. Hepatic steatosis and low cardiorespiratory fitness in youth with type 2 diabetes. *Obesity (Silver Spring)*. 2012;20(5):1034-1040.
- Bjornstad P, Cree-Green M, Baumgartner A, et al. Achieving ADA/ISPAD clinical guideline goals is associated with higher insulin sensitivity and cardiopulmonary fitness in adolescents with type 1 diabetes: Results from RESistance to InSulin in Type 1 ANd Type 2 diabetes (RESISTANT) and Effects of METformin on Cardiovascular Function in AdoLescents with Type 1 Diabetes (EMERALD) Studies. *Pediatr Diabetes*. 2018;19(3):436-442.
- Bjornstad P, Truong U, Dorosz JL, et al. Cardiopulmonary Dysfunction and Adiponectin in Adolescents With Type 2 Diabetes. *J Am Heart Assoc*. 2016;5(3):e002804.
- Biddle SJ, Pearson N, Ross GM, Braithwaite R. Tracking of sedentary behaviours of young people: a systematic review. *Prev Med*. 2010;51(5):345-351.
- Jones RA, Hinkley T, Okely AD, Salmon J. Tracking physical activity and sedentary behavior in childhood: a systematic review. *Am J Prev Med*. 2013;44(6):651-658.
- Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med*. 2020;54(24):1451-1462.
- Miculis CP, De Campos W, da Silva Boguszewski MC. Correlation between glycemic control and physical activity level in adolescents and children with type 1 diabetes. *J Phys Act Health*. 2015;12(2):232-237.
- Beraki A, Magnuson A, Sarnblad S, Aman J, Samuelsson U. Increase in physical activity is associated with lower HbA1c levels in children and adolescents with type 1 diabetes: results from a cross-sectional study based on the Swedish pediatric diabetes quality registry (SWEDIABKIDS). *Diabetes research and clinical practice*. 2014;105(1):119-125.
- Quirk H, Blake H, Tennyson R, Randell TL, Glazebrook C. Physical activity interventions in children and young people with Type 1 diabetes mellitus: a systematic review with meta-analysis. *Diabet Med*. 2014;31(10):1163-1173.
- Tikkanen-Dolenc H, Wadén J, Forsblom C, et al. Physical Activity Reduces Risk of Premature Mortality in Patients With Type 1 Diabetes With and Without Kidney Disease. *Diabetes Care*. 2017;40(12):1727-1732.
- Chimen M, Kennedy A, Nirantharakumar K, Pang TT, Andrews R, Narendran P. What are the health benefits of physical activity in type 1 diabetes mellitus? A literature review. *Diabetologia*. 2012;55(3):542-551.
- Maggio AB, Rizzoli RR, Marchand LM, Ferrari S, Beghetti M, Farpour-Lambert NJ. Physical activity increases bone mineral density in children with type 1 diabetes. *Med Sci Sports Exerc*. 2012;44(7):1206-1211.
- Pivovarov JA, Taplin CE, Riddell MC. Current perspectives on physical activity and exercise for youth with diabetes. *Pediatr Diabetes*. 2015;16(4):242-255.
- Jamiolkowska-Sztabkowska M, Glowinska-Olszewska B, Luczynski W, Konstantynowicz J, Bossowski A. Regular physical activity as a physiological factor contributing to extend partial remission time in children with new onset diabetes mellitus-Two years observation. *Pediatr Diabetes*. 2020;21(5):800-807.
- Sundberg F, Forsander G, Fasth A, Ekelund U. Children younger than 7 years with type 1 diabetes are less physically active than healthy controls. *Acta Paediatr*. 2012;101(11):1164-1169.
- Elmesmari R, Reilly JJ, Martin A, Paton JY. Accelerometer measured levels of moderate-to-vigorous intensity physical activity and sedentary time in children and adolescents with chronic disease: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2017;12(6):e0179429.
- de Lima VA, Mascarenhas LPG, Decimo JP, et al. Physical Activity Levels of Adolescents with Type 1 Diabetes Physical Activity in T1D. *Pediatr Exerc Sci*. 2017;29(2):213-219.
- Ziebland S, Thorogood M, Yudkin P, Jones L, Coulter A. Lack of willpower

- or lack of wherewithal? “Internal” and “external” barriers to changing diet and exercise in a three year follow-up of participants in a health check. *Soc Sci Med*. 1998;46(4-5):461-465.
40. Trost SG, Saunders R, Ward DS. Determinants of physical activity in middle school children. *Am J Health Behav*. 2002;26(2):95-102.
 41. Pedersen BK, Saltin B. Exercise as medicine - evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scand J Med Sci Sports*. 2015;25 Suppl 3:1-72.
 42. Jabbour G, Henderson M, Mathieu ME. Barriers to Active Lifestyles in Children with Type 1 Diabetes. *Can J Diabetes*. 2016;40(2):170-172.
 43. Lascar N, Kennedy A, Hancock B, et al. Attitudes and barriers to exercise in adults with type 1 diabetes (T1DM) and how best to address them: a qualitative study. *PLoS One*. 2014;9(9):e108019.
 44. McGavock J, Durksen A, Wicklow B, et al. Determinants of Readiness for Adopting Healthy Lifestyle Behaviors Among Indigenous Adolescents with Type 2 Diabetes in Manitoba, Canada: A Cross-Sectional Study. *Obesity (Silver Spring)*. 2018;26(5):910-915.
 45. Michalak A, Gawrecki A, Gątczyński S, et al. Assessment of Exercise Capacity in Children with Type 1 Diabetes in the Cooper Running Test. *International journal of sports medicine*. 2019;40(2):110-115.
 46. Liu LL, Lawrence JM, Davis C, et al. Prevalence of overweight and obesity in youth with diabetes in USA: the SEARCH for Diabetes in Youth study. *Pediatric diabetes*. 2010;11(1):4-11.
 47. Bjornstad P, Drews K, Zeitler PS. Long-Term Complications in Youth-Onset Type 2 Diabetes. Reply. *N Engl J Med*. 2021;385(21):2016.
 48. Group TS, Zeitler P, Hirst K, et al. A clinical trial to maintain glycemic control in youth with type 2 diabetes. *N Engl J Med*. 2012;366(24):2247-2256.
 49. Carino M, Elia Y, Sellers E, et al. Comparison of Clinical and Social Characteristics of Canadian Youth Living With Type 1 and Type 2 Diabetes. *Can J Diabetes*. 2021;45(5):428-435.
 50. Livny R, Said W, Shilo S, et al. Identifying sources of support and barriers to physical activity in pediatric type 1 diabetes. *Pediatr Diabetes*. 2020;21(1):128-134.
 51. Yardley JE, Sigal RJ. Exercise strategies for hypoglycemia prevention in individuals with type 1 diabetes. *Diabetes Spectr*. 2015;28(1):32-38.
 52. Roberts AJ, Taplin CE, Isom S, et al. Association between fear of hypoglycemia and physical activity in youth with type 1 diabetes: The SEARCH for diabetes in youth study. *Pediatr Diabetes*. 2020;21(7):1277-1284.
 53. Martins J, Costa J, Sarmiento H, et al. Adolescents' Perspectives on the Barriers and Facilitators of Physical Activity: An Updated Systematic Review of Qualitative Studies. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(9).
 54. Singhi A, Tansey MJ, Janz K, Zimmerman MB, Tsalikian E. Aerobic fitness and glycemic variability in adolescents with type 1 diabetes. *Endocr Pract*. 2014;20(6):566-570.
 55. Jagers JR, King KM, Watson SE, Wintergerst KA. Predicting Nocturnal Hypoglycemia with Measures of Physical Activity Intensity in Adolescent Athletes with Type 1 Diabetes. *Diabetes technology & therapeutics*. 2019;21(7):406-408.
 56. Adolfsson P, Mattsson S, Jendle J. Evaluation of glucose control when a new strategy of increased carbohydrate supply is implemented during prolonged physical exercise in type 1 diabetes. *Eur J Appl Physiol*. 2015;115(12):2599-2607.
 57. Shetty VB, Fournier PA, Davey RJ, et al. Effect of exercise intensity on glucose requirements to maintain euglycemia during exercise in type 1 diabetes. *J Clin Endocrinol Metab*. 2016;101(3):972-980.
 58. Riddell MC, Gallen IW, Smart CE, et al. Exercise management in type 1 diabetes: A consensus statement. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2017;5(5):377-390.
 59. Zaharieva DP, Riddell MC. Prevention of exercise-associated dysglycemia: a case study-based approach. *Diabetes Spectr*. 2015;28(1):55-62.
 60. Van Hooren B, Peake JM. Do We Need a Cool-Down After Exercise? A Narrative Review of the Psychophysiological Effects and the Effects on Performance, Injuries and the Long-Term Adaptive Response. *Sports Med*. 2018;48(7):1575-1595.
 61. McMahon SK, Ferreira LD, Ratnam N, et al. Glucose requirements to maintain euglycemia after moderate-intensity afternoon exercise in adolescents with type 1 diabetes are increased in a biphasic manner. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2007;92(3):963-968.
 62. Taplin CE, Cobry E, Messer L, McFann K, Chase HP, Fiallo-Scharer R. Preventing post-exercise nocturnal hypoglycemia in children with type 1 diabetes. *J Pediatr*. 2010;157(5):784-788.
 63. Dagogo-Jack SE, Craft S, Cryer PE. Hypoglycemia-associated autonomic failure in insulin-dependent diabetes mellitus. Recent antecedent hypoglycemia reduces autonomic responses to, symptoms of, and defense against subsequent hypoglycemia. *The Journal of clinical investigation*. 1993;91(3):819-828.
 64. Diabetes Research in Children Network Study G. Impaired overnight counterregulatory hormone responses to spontaneous hypoglycemia in children with type 1 diabetes. *Pediatr Diabetes*. 2007;8(4):199-205.
 65. Riddell MC, Zaharieva DP, Tansey M, et al. Individual glucose responses to prolonged moderate intensity aerobic exercise in adolescents with type 1 diabetes: The higher they start, the harder they fall. *Pediatr Diabetes*. 2019;20(1):99-106.
 66. Hargreaves M, Spriet LL. Skeletal muscle energy metabolism during exercise. *Nat Metab*. 2020;2(9):817-828.
 67. Bussau VA, Ferreira LD, Jones TW, Fournier PA. The 10-s maximal sprint: a novel approach to counter an exercise-mediated fall in glycemia in individuals with type 1 diabetes. *Diabetes care*. 2006;29(3):601-606.
 68. Guelfi KJ, Ratnam N, Smythe GA, Jones TW, Fournier PA. Effect of intermittent high-intensity compared with continuous moderate exercise on glucose production and utilization in individuals with type 1 diabetes. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2007;292(3):E865-870.
 69. Justice TD, Hammer GL, Davey RJ, et al. Effect of antecedent moderate-intensity exercise on the glycemia-increasing effect of a 30-sec maximal sprint: a sex comparison. *Physiol Rep*. 2015;3(5).
 70. Riddell MC, Bar-Or O, Hollidge-Horvat M, Schwarcz HP, Heigenhauser GJ. Glucose ingestion and substrate utilization during exercise in boys with IDDM. *J Appl Physiol*. 2000;88(4):1239-1246.
 71. Tansey MJ, Tsalikian E, Beck RW, et al. The effects of aerobic exercise on glucose and counterregulatory hormone concentrations in children with type 1 diabetes. *Diabetes Care*. 2006;29(1):20-25.
 72. Iscoe KE, Riddell MC. Continuous moderate-intensity exercise with or without intermittent high-intensity work: Effects on acute and late glycaemia in athletes with Type 1 diabetes mellitus. *Diabetic Medicine*. 2011;28(7):824-832.
 73. Moser O, Tschakert G, Mueller A, et al. Effects of high-intensity interval exercise versus moderate continuous exercise on glucose homeostasis and hormone response in patients with type 1 diabetes mellitus using novel ultra-long-acting insulin. *PLoS One*. 2015;10(8):e0136489.
 74. Brooks GA. The Precious Few Grams of Glucose During Exercise. *Int J Mol Sci*. 2020;21(16).
 75. Sylow L, Kleinert M, Richter EA, Jensen TE. Exercise-stimulated glucose uptake - regulation and implications for glycaemic control. *Nat Rev Endocrinol*. 2017;13(3):133-148.
 76. Muller MJ, Acheson KJ, Burger AG, Jequier E. Evidence that hyperglycaemia per se does not inhibit hepatic glucose production in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1990;60(4):293-299.
 77. Avogaro A, Gnudi L, Valerio A, et al. Effects of different plasma glucose concentrations on lipolytic and ketogenic responsiveness to epinephrine in type 1 (insulin-dependent) diabetic subjects. *J Clin Endocrinol Metab*. 1993;76(4):845-850.
 78. Guelfi KJ, Jones TW, Fournier PA. New insights into managing the risk of hypoglycaemia associated with intermittent high-intensity exercise in individuals with type 1 diabetes mellitus: implications for existing guidelines. *Sports Med*. 2007;37(11):937-946.
 79. Pitt JP, McCarthy OM, Hoeg-Jensen T, Wellman BM, Bracken RM. Factors Influencing Insulin Absorption Around Exercise in Type 1 Diabetes. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2020;11:573275.
 80. Arutchelvam V, Heise T, Dellweg S, Elbroend B, Minns I, Home PD. Plasma glucose and hypoglycaemia following exercise in people with Type 1 diabetes: a comparison of three basal insulins. *Diabet Med*. 2009;26(10):1027-1032.
 81. Herbst A, Kapellen T, Schober E, et al. Impact of regular physical activity on blood glucose control and cardiovascular risk factors in adolescents with type 2 diabetes mellitus--a multicenter study of 578 patients from 225 centres. *Pediatr Diabetes*. 2015;16(3):204-210.
 82. Ertl AC, Davis SN. Evidence for a vicious cycle of exercise and hypoglycemia in type 1 diabetes mellitus. *Diabetes Metab Res Rev*. 2004;20(2):124-130.
 83. Oliver SR, Rosa JS, Minh TD, et al. Dose-dependent relationship between

- severity of pediatric obesity and blunting of the growth hormone response to exercise. *J Appl Physiol* (1985). 2010;108(1):21-27.
84. Eliakim A, Nemet D, Zaldivar F, et al. Reduced exercise-associated response of the GH-IGF-I axis and catecholamines in obese children and adolescents. *J Appl Physiol* (1985). 2006;100(5):1630-1637.
 85. Kelly D, Hamilton JK, Riddell MC. Blood glucose levels and performance in a sports cAMP for adolescents with type 1 diabetes mellitus: a field study. *Int J Pediatr*. 2010;2010.
 86. Galassetti P, Riddell MC. Exercise and type 1 diabetes (T1DM). *Compr Physiol*. 2013;3(3):1309-1336.
 87. Wise JE, Kolb EL, Sauder SE. Effect of glycemic control on growth velocity in children with IDDM. *Diabetes Care*. 1992;15(7):826-830.
 88. Monaco CMF, Perry CGR, Hawke TJ. Diabetic Myopathy: current molecular understanding of this novel neuromuscular disorder. *Curr Opin Neurol*. 2017;30(5):545-552.
 89. Gal JJ, Li Z, Willi SM, Riddell MC. Association Between High Levels of Physical Activity and Improved Glucose Control on Active Days in Youth with Type 1 Diabetes. *Pediatr Diabetes*. 2022.
 90. Butte NF, Watson KB, Ridley K, et al. A Youth Compendium of Physical Activities: Activity Codes and Metabolic Intensities. *Med Sci Sports Exerc*. 2018;50(2):246-256.
 91. Wilk B, Timmons BW, Bar-Or O. Voluntary fluid intake, hydration status, and aerobic performance of adolescent athletes in the heat. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2010;35(6):834-841.
 92. McKinlay BJ, Theocharidis A, Adebero T, et al. Effects of Post-Exercise Whey Protein Consumption on Recovery Indices in Adolescent Swimmers. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(21).
 93. Pasiakos SM, Lieberman HR, McLellan TM. Effects of protein supplements on muscle damage, soreness and recovery of muscle function and physical performance: a systematic review. *Sports Med*. 2014;44(5):655-670.
 94. Nieper A. Nutritional supplement practices in UK junior national track and field athletes. *Br J Sports Med*. 2005;39(9):645-649.
 95. Wiens K, Erdman KA, Stadnyk M, Parnell JA. Dietary supplement usage, motivation, and education in young, Canadian athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2014;24(6):613-622.
 96. Kerkick CM, Wilborn CD, Roberts MD, et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *J Int Soc Sports Nutr*. 2018;15(1):38.
 97. Plougmann S, Hejlesen O, Turner B, Kerr D, Cavan D. The effect of alcohol on blood glucose in Type 1 diabetes--metabolic modelling and integration in a decision support system. *Int J Med Inform*. 2003;70(2-3):337-344.
 98. Turner BC, Jenkins E, Kerr D, Sherwin RS, Cavan DA. The effect of evening alcohol consumption on next-morning glucose control in type 1 diabetes. *Diabetes Care*. 2001;24(11):1888-1893.
 99. Siler SQ, Neese RA, Christiansen MP, Hellerstein MK. The inhibition of gluconeogenesis following alcohol in humans. *Am J Physiol*. 1998;275(5):E897-907.
 100. Avogaro A, Beltramello P, Gnudi L, et al. Alcohol intake impairs glucose counterregulation during acute insulin-induced hypoglycemia in IDDM patients. Evidence for a critical role of free fatty acids. *Diabetes*. 1993;42(11):1626-1634.
 101. Cao J, Lei S, Wang X, Cheng S. The Effect of a Ketogenic Low-Carbohydrate, High-Fat Diet on Aerobic Capacity and Exercise Performance in Endurance Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*. 2021;13(8).
 102. Burke LM, Whitfield J, Heikura IA, et al. Adaptation to a low carbohydrate high fat diet is rapid but impairs endurance exercise metabolism and performance despite enhanced glycogen availability. *J Physiol*. 2021;599(3):771-790.
 103. Gregory JM, Smith TJ, Slaughter JC, et al. Iatrogenic Hyperinsulinemia, Not Hyperglycemia, Drives Insulin Resistance in Type 1 Diabetes as Revealed by Comparison With GCK-MODY (MODY2). *Diabetes*. 2019;68(8):1565-1576.
 104. Cree-Green M, Stuppy JJ, Thurston J, et al. Youth With Type 1 Diabetes Have Adipose, Hepatic, and Peripheral Insulin Resistance. *J Clin Endocrinol Metab*. 2018;103(10):3647-3657.
 105. Roberts JD, Tarpey MD, Kass LS, Tarpey RJ, Roberts MG. Assessing a commercially available sports drink on exogenous carbohydrate oxidation, fluid delivery and sustained exercise performance. *J Int Soc Sports Nutr*. 2014;11(1):8.
 106. Trommelen J, Fuchs CJ, Beelen M, et al. Fructose and Sucrose Intake Increase Exogenous Carbohydrate Oxidation during Exercise. *Nutrients*. 2017;9(2).
 107. Jentjens RL, Achten J, Jeukendrup AE. High oxidation rates from combined carbohydrates ingested during exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36(9):1551-1558.
 108. Rowlands DS, Thorburn MS, Thorp RM, Broadbent S, Shi X. Effect of graded fructose coingestion with maltodextrin on exogenous 14C-fructose and 13C-glucose oxidation efficiency and high-intensity cycling performance. *J Appl Physiol* (1985). 2008;104(6):1709-1719.
 109. Rabasa-Lhoret R, Bourque J, Ducros F, Chiasson JL. Guidelines for premeal insulin dose reduction for postprandial exercise of different intensities and durations in type 1 diabetic subjects treated intensively with a basal-bolus insulin regimen (ultralente-lispro). *Diabetes Care*. 2001;24(4):625-630.
 110. Campbell MD, Walker M, Bracken RM, et al. Insulin therapy and dietary adjustments to normalize glycemia and prevent nocturnal hypoglycemia after evening exercise in type 1 diabetes: a randomized controlled trial. *BMJ Open Diabetes Res Care*. 2015;3(1):e000085.
 111. Kang K, Absher R, Farrington E, Ackley R, So TY. Evaluation of Different Methods Used to Calculate Ideal Body Weight in the Pediatric Population. *J Pediatr Pharmacol Ther*. 2019;24(5):421-430.
 112. Zaharieva DP, McGaugh S, Pooni R, Vienneau T, Ly T, Riddell MC. Improved Open-Loop Glucose Control With Basal Insulin Reduction 90 Minutes Before Aerobic Exercise in Patients With Type 1 Diabetes on Continuous Subcutaneous Insulin Infusion. *Diabetes Care*. 2019;42(5):824-831.
 113. Zaharieva D, Yavelberg L, Jamnik V, Cinar A, Turksoy K, Riddell M. The effects of basal insulin suspension at the start of exercise on blood glucose levels during continuous versus circuit-based exercise in individuals with type 1 diabetes on continuous subcutaneous insulin infusion. *Diabetes technology & therapeutics*. 2017;19(6):370-378.
 114. Tuominen JA, Karonen SL, Melamies L, Bolli G, Koivisto VA. Exercise-induced hypoglycaemia in IDDM patients treated with a short-acting insulin analogue. *Diabetologia*. 1995;38(1):106-111.
 115. Kerkick CM, Arent S, Schoenfeld BJ, et al. International society of sports nutrition position stand: nutrient timing. *J Int Soc Sports Nutr*. 2017;14:33.
 116. McGaugh SM, Zaharieva DP, Pooni R, et al. Carbohydrate Requirements for Prolonged, Fasted Exercise With and Without Basal Rate Reductions in Adults With Type 1 Diabetes on Continuous Subcutaneous Insulin Infusion. *Diabetes Care*. 2021;44(2):610-613.
 117. Moser O, Eckstein ML, Mueller A, et al. Pre-Exercise Blood Glucose Levels Determine the Amount of Orally Administered Carbohydrates during Physical Exercise in Individuals with Type 1 Diabetes-A Randomized Cross-Over Trial. *Nutrients*. 2019;11(6).
 118. Zaharieva DP, Turksoy K, McGaugh SM, et al. Lag time remains with newer real-time continuous glucose monitoring technology during aerobic exercise in adults living with type 1 diabetes. *Diabetes technology & therapeutics*. 2019;21(6):313-321.
 119. Perrone C, Laitano O, Meyer F. Effect of carbohydrate ingestion on the glycemic response of type 1 diabetic adolescents during exercise. *Diabetes Care*. 2005;28(10):2537-2538.
 120. Berardi JM, Price TB, Noreen EE, Lemon PW. Postexercise muscle glycogen recovery enhanced with a carbohydrate-protein supplement. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38(6):1106-1113.
 121. Yardley JE, Kenny GP, Perkins BA, et al. Resistance versus aerobic exercise: Acute effects on glycemia in type 1 diabetes. *Diabetes Care*. 2013;36(3):537-542.
 122. Yardley JE, Iscoe KE, Sigal RJ, Kenny GP, Perkins BA, Riddell MC. Insulin pump therapy is associated with less post-exercise hyperglycemia than multiple daily injections: an observational study of physically active type 1 diabetes patients. *Diabetes technology & therapeutics*. 2013;15(1):84-88.
 123. Sigal RJ, Fisher S, Halter JB, Vranic M, Marliss EB. The roles of catecholamines in glucoregulation in intense exercise as defined by the islet cell clamp technique. *Diabetes*. 1996;45(2):148-156.
 124. Marliss EB, Simantirakis E, Miles PD, et al. Glucoregulatory and hormonal responses to repeated bouts of intense exercise in normal male subjects. *J Appl Physiol* (1985). 1991;71(3):924-933.
 125. Aronson R, Brown RE, Li A, Riddell MC. *Optimal insulin correction factor in post-high-intensity exercise hyperglycemia in adults with type 1 diabetes: the FIT study*. 2019;42(1):10-16.
 126. Admon G, Weinstein Y, Falk B, et al. Exercise with and without an insulin pump among children and adolescents with type 1 diabetes mellitus. *Pediatrics*. 2005;116(3):e348-355.

127. Sherr JL, Cengiz E, Palerm CC, et al. Reduced hypoglycemia and increased time in target using closed-loop insulin delivery during nights with or without antecedent afternoon exercise in type 1 diabetes. *Diabetes Care*. 2013;36(10):2909-2914.
128. Kalergis M, Schiffrin A, Gougeon R, Jones PJ, Yale JF. Impact of bedtime snack composition on prevention of nocturnal hypoglycemia in adults with type 1 diabetes undergoing intensive insulin management using lispro insulin before meals: a randomized, placebo-controlled, crossover trial. *Diabetes Care*. 2003;26(1):9-15.
129. Davey RJ, Howe W, Paramalingam N, et al. The effect of midday moderate-intensity exercise on postexercise hypoglycemia risk in individuals with type 1 diabetes. *J Clin Endocrinol Metab*. 2013;98(7):2908-2914.
130. Bailey RC, Olson J, Pepper SL, Porszasz J, Barstow TJ, Cooper DM. The level and tempo of children's physical activities: an observational study. *Med Sci Sports Exerc*. 1995;27(7):1033-1041.
131. IPemberton JS, Barrett TG, Dias RP, Kershaw M, Krone R, Uday S. An effective and cost-saving structured education program teaching dynamic glucose management strategies to a socio-economically deprived cohort with type 1 diabetes in a VIRTUAL setting. *Pediatr Diabetes*. 2022.
132. Morrison D, Zaharieva DP, Lee MH, et al. Comparable Glucose Control with Fast-Acting Insulin Aspart Versus Insulin Aspart Using a Second-Generation Hybrid Closed-Loop System During Exercise. *Diabetes technology & therapeutics*. 2021.
133. Zaharieva DP, Cinar A, Yavelberg L, Jamnik V, Riddell MC. No Disadvantage to Insulin Pump Off vs Pump On During Intermittent High-Intensity Exercise in Adults With Type 1 Diabetes. *Can J Diabetes*. 2020;44(2):162-168.
134. West DJ, Stephens JW, Bain SC, et al. A combined insulin reduction and carbohydrate feeding strategy 30 min before running best preserves blood glucose concentration after exercise through improved fuel oxidation in type 1 diabetes mellitus. *J Sports Sci*. 2011;29(3):279-289.
135. Neyman A, Woerner S, Russ M, Yarbrough A, DiMeglio LA. Strategies That Adolescents With Type 1 Diabetes Use in Relation to Exercise. *Clin Diabetes*. 2020;38(3):266-272.
136. Stettler C, Jenni S, Allemann S, et al. Exercise capacity in subjects with type 1 diabetes mellitus in eu- and hyperglycaemia. *Diabetes Metab Res Rev*. 2006;22(4):300-306.
137. Cho JH, Kim HO, Surh CD, Sprent J. T cell receptor-dependent regulation of lipid rafts controls naive CD8+ T cell homeostasis. *Immunity*. 2010;32(2):214-226.
138. MacDonald TL, Pattamapranont P, Pathak P, et al. Hyperglycaemia is associated with impaired muscle signalling and aerobic adaptation to exercise. *Nat Metab*. 2020;2(9):902-917.
139. Diabetes Research in Children Network Study G, Tsalikian E, Kollman C, et al. Prevention of hypoglycemia during exercise in children with type 1 diabetes by suspending basal insulin. *Diabetes Care*. 2006;29(10):2200-2204.
140. Beck RW, Raghinaru D, Wadwa RP, et al. Frequency of morning ketosis after overnight insulin suspension using an automated nocturnal predictive low glucose suspend system. *Diabetes Care*. 2014;37(5):1224-1229.
141. Wadwa RP, Chase HP, Raghinaru D, et al. Ketone production in children with type 1 diabetes, ages 4-14 years, with and without nocturnal insulin pump suspension. *Pediatr Diabetes*. 2017;18(6):422-427.
142. Aronson R, Li A, Brown RE, McLaugh S, Riddell MC. Flexible insulin therapy with a hybrid regimen of insulin degludec and continuous subcutaneous insulin infusion with pump suspension before exercise in physically active adults with type 1 diabetes (FIT Untethered): a single-centre, open-label, proof-of-concept, randomised crossover trial. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2020;8(6):511-523.
143. Alemzadeh R, Parton EA, Holzum MK. Feasibility of continuous subcutaneous insulin infusion and daily supplemental insulin glargine injection in children with type 1 diabetes. *Diabetes technology & therapeutics*. 2009;11(8):481-486.
144. Berger M, Cuppers HJ, Hegner H, Jorgens V, Berchtold P. Absorption kinetics and biologic effects of subcutaneously injected insulin preparations. *Diabetes Care*. 1982;5(2):77-91.
145. Deakin S, Steele D, Clarke S, et al. Cook and Chill: Effect of Temperature on the Performance of Nonequilibrated Blood Glucose Meters. *J Diabetes Sci Technol*. 2015;9(6):1260-1269.
146. Mohajeri S, Perkins BA, Brubaker PL, Riddell MC. Diabetes, trekking and high altitude: recognizing and preparing for the risks. *Diabet Med*. 2015;32(11):1425-1437.
147. Dear Gde L, Pollock NW, Uguccioni DM, Dovenbarger J, Feinglos MN, Moon RE. Plasma glucose responses in recreational divers with insulin-requiring diabetes. *Undersea Hyperb Med*. 2004;31(3):291-301.
148. Jendle JH, Adolfsson P, Pollock NW. Recreational diving in persons with type 1 and type 2 diabetes: Advancing capabilities and recommendations. *Diving and hyperbaric medicine*. 2020;50(2):135-143.
149. Jendle J, Adolfsson P. Continuous Glucose Monitoring Diving and Diabetes: An Update of the Swedish Recommendations. *J Diabetes Sci Technol*. 2020;14(1):170-173.
150. Pollock NW, Uguccioni DM, Dear Gde L. Diabetes and recreational diving: guidelines for the future. Proceedings of the UHMS/DAN 2005 June 19 Workshop. 2005; <https://dan.org/health-medicine/health-resource/health-safety-guidelines/guidelines-for-diabetes-and-recreational-diving/>, 2022.
151. Galassetti P, Tate D, Neill RA, Morrey S, Wasserman DH, Davis SN. Effect of antecedent hypoglycemia on counterregulatory responses to subsequent euglycemic exercise in type 1 diabetes. *Diabetes*. 2003;52(7):1761-1769.
152. Hasan I, Chowdhury A, Haque MI, Patterson CC. Changes in glycated hemoglobin, diabetes knowledge, quality of life, and anxiety in children and adolescents with type 1 diabetes attending summer camps: A systematic review and meta-analysis. *Pediatr Diabetes*. 2021;22(2):124-131.
153. American Diabetes A. Diabetes management at camps for children with diabetes. *Diabetes Care*. 2012;35 Suppl 1:S72-75.
154. Tsadik AG, Gidey MT, Assefa BT, et al. Insulin injection practices among youngsters with diabetes in Tikur Anbesa Specialized Hospital, Ethiopia. *J Diabetes Metab Disord*. 2020;19(2):805-812.
155. Dejjhamron P, Santiprabhob J, Likitmaskul S, et al. Type 1 diabetes management and outcomes: A multicenter study in Thailand. *J Diabetes Investig*. 2021;12(4):516-526.
156. Amutha A, Praveen PA, Hockett CW, et al. Treatment regimens and glycosylated hemoglobin levels in youth with Type 1 and Type 2 diabetes: Data from SEARCH (United States) and YDR (India) registries. *Pediatr Diabetes*. 2021;22(1):31-39.
157. Klatman EL, McKee M, Ogle GD. Documenting and visualising progress towards Universal Health Coverage of insulin and blood glucose test strips for people with diabetes. *Diabetes research and clinical practice*. 2019;157:107859.
158. 15Smith D, Connacher A, Newton R, Thompson C. *Exercise and Sport in Diabetes*. 2nd Edition ed: Wiley; 2006.
159. DiMeglio LA, Acerini CL, Codner E, et al. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2018: Glycemic control targets and glucose monitoring for children, adolescents, and young adults with diabetes. *Pediatr Diabetes*. 2018;19(Suppl 27):105-114.
160. Diabetes Canada Clinical Practice Guidelines Expert C, Sigal RJ, Armstrong MJ, et al. Physical Activity and Diabetes. *Can J Diabetes*. 2018;42 Suppl 1:S54-S63.
161. DiMeglio LA, Acerini CL, Codner E, et al. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2018: Glycemic control targets and glucose monitoring for children, adolescents, and young adults with diabetes. *Pediatr Diabetes*. 2018;19 Suppl 27:105-114.
162. Adolfsson P, Riddell MC, Taplin CE, et al. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2018: Exercise in children and adolescents with diabetes. *Pediatr Diabetes*. 2018;19 Suppl 27:205-226.
163. Skrede T, Steene-Johannessen J, Anderssen SA, Resaland GK, Ekelund U. The prospective association between objectively measured sedentary time, moderate-to-vigorous physical activity and cardiometabolic risk factors in youth: a systematic review and meta-analysis. *Obes Rev*. 2019;20(1):55-74.
164. Ekelund U, Luan J, Sherar LB, et al. Moderate to vigorous physical activity and sedentary time and cardiometabolic risk factors in children and adolescents. *JAMA*. 2012;307(7):704-712.
165. Verswijveren S, Lamb KE, Bell LA, Timperio A, Salmon J, Ridgers ND. Associations between activity patterns and cardio-metabolic risk factors in children and adolescents: A systematic review. *PLoS One*. 2018;13(8):e0201947.
166. Hay J, Wittmeier K, MacIntosh A, et al. Physical activity intensity and type 2 diabetes risk in overweight youth: a randomized trial. *Int J Obes (Lond)*. 2016;40(4):607-614.

167. Davis CL, Pollock NK, Waller JL, et al. Exercise dose and diabetes risk in overweight and obese children: a randomized controlled trial. *JAMA*. 2012;308(11):1103-1112.
168. Ingul CB, Dias KA, Tjonna AE, et al. Effect of High Intensity Interval Training on Cardiac Function in Children with Obesity: A Randomised Controlled Trial. *Prog Cardiovasc Dis*. 2018;61(2):214-221.
169. Dias KA, Ingul CB, Tjonna AE, et al. Effect of High-Intensity Interval Training on Fitness, Fat Mass and Cardiometabolic Biomarkers in Children with Obesity: A Randomised Controlled Trial. *Sports Med*. 2018;48(3):733-746.
170. McPhee PG, Singh S, Morrison KM. Childhood Obesity and Cardiovascular Disease Risk: Working Toward Solutions. *Can J Cardiol*. 2020;36(9):1352-1361.
171. Torrance B, McGuire KA, Lewanczuk R, McGavock J. Overweight, physical activity and high blood pressure in children: a review of the literature. *Vasc Health Risk Manag*. 2007;3(1):139-149.
172. Wittekind SG, Edwards NM, Khoury PR, et al. Association of Habitual Physical Activity With Cardiovascular Risk Factors and Target Organ Damage in Adolescents and Young Adults. *J Phys Act Health*. 2018;15(3):176-182.
173. Cardel MI, Atkinson MA, Taveras EM, Holm JC, Kelly AS. Obesity Treatment Among Adolescents: A Review of Current Evidence and Future Directions. *JAMA Pediatr*. 2020;174(6):609-617.
174. Reinehr T. Lifestyle intervention in childhood obesity: changes and challenges. *Nat Rev Endocrinol*. 2013;9(10):607-614.
175. Cardel MI, Atkinson MA, Taveras EM, Holm JC, Kelly AS. Obesity Treatment Among Adolescents: A Review of Current Evidence and Future Directions. *JAMA Pediatr*. 2020.
176. McGavock J, Wicklow B, Dart AB. Type 2 diabetes in youth is a disease of poverty. *Lancet*. 2017;390(10105):1829.
177. Protudjer JL, Dumontet J, McGavock JM. My voice: a grounded theory analysis of the lived experience of type 2 diabetes in adolescence. *Can J Diabetes*. 2014;38(4):229-236.
178. Gardner R, Feely A, Layte R, Williams J, McGavock J. Adverse childhood experiences are associated with an increased risk of obesity in early adolescence: a population-based prospective cohort study. *Pediatr Res*. 2019;86(4):522-528.
179. Hagger MS, Panetta G, Leung CM, et al. Chronic inhibition, self-control and eating behavior: test of a 'resource depletion' model. *PLoS One*. 2013;8(10):e76888.
180. Vohs KD, Baumeister RF, Schmeichel BJ, Twenge JM, Nelson NM, Tice DM. Making choices impairs subsequent self-control: a limited-resource account of decision making, self-regulation, and active initiative. *J Pers Soc Psychol*. 2008;94(5):883-898.
181. Sheinbein DH, Stein RI, Hayes JF, et al. Factors associated with depression and anxiety symptoms among children seeking treatment for obesity: A social-ecological approach. *Pediatr Obes*. 2019;14(8):e12518.
182. Vila G, Zipper E, Dabbas M, et al. Mental disorders in obese children and adolescents. *Psychosom Med*. 2004;66(3):387-394.
183. Lu Y, Pearce A, Li L. Distinct patterns of socio-economic disparities in child-to-adolescent BMI trajectories across UK ethnic groups: A prospective longitudinal study. *Pediatr Obes*. 2020;15(4):e12598.
184. Gardner R, Feely A, Layte R, Williams J, McGavock J. Adverse childhood experiences are associated with an increased risk of obesity in early adolescence: a population-based prospective cohort study. *Pediatr Res*. 2019;86(4):522-528.
185. Sellers EAC, McLeod L, Prior HJ, Dragan R, Wicklow BA, Ruth C. Mental health comorbidity is common in children with type 2 diabetes. *Pediatr Diabetes*. 2022.
186. McVoy M, Hardin H, Fulchiero E, et al. Mental health comorbidity and youth onset type 2 diabetes: A systematic review of the literature. *Int J Psychiatry Med*. 2022;912174211067335.
187. McGavock J, Chauhan BF, Rabbani R, et al. Layperson-Led vs Professional-Led Behavioral Interventions for Weight Loss in Pediatric Obesity: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Netw Open*. 2020;3(7):e2010364.
188. Force USPST, Grossman DC, Bibbins-Domingo K, et al. Screening for Obesity in Children and Adolescents: US Preventive Services Task Force Recommendation Statement. *JAMA*. 2017;317(23):2417-2426.
189. O'Connor EA, Evans CV, Burda BU, Walsh ES, Eder M, Lozano P. Screening for Obesity and Intervention for Weight Management in Children and Adolescents: Evidence Report and Systematic Review for the US Preventive Services Task Force. *JAMA*. 2017;317(23):2427-2444.
190. DeBar LL, Stevens VJ, Perrin N, et al. A primary care-based, multicomponent lifestyle intervention for overweight adolescent females. *Pediatrics*. 2012;129(3):e611-620.
191. Savoye M, Shaw M, Dziura J, et al. Effects of a weight management program on body composition and metabolic parameters in overweight children: a randomized controlled trial. *JAMA*. 2007;297(24):2697-2704.
192. Savoye M, Shaw M, Dziura J, et al. Effects of a weight management program on body composition and metabolic parameters in overweight children: a randomized controlled trial. *JAMA*. 2007;297:2697-2704.
193. Group TS. Design of a family-based lifestyle intervention for youth with type 2 diabetes: the TODAY study. *Int J Obes (Lond)*. 2010;34(2):217-226.
194. Kaar JL, Schmiege SJ, Drews K, et al. Evaluation of the longitudinal change in health behavior profiles across treatment groups in the TODAY clinical trial. *Pediatr Diabetes*. 2020;21(2):224-232.
195. McTavish L, Wiltshire E. Effective treatment of hypoglycemia in children with type 1 diabetes: a randomized controlled clinical trial. *Pediatr Diabetes*. 2011;12(4 Pt 2):381-387.
196. Wagenmakers AJ, Brouns F, Saris WH, Halliday D. Oxidation rates of orally ingested carbohydrates during prolonged exercise in men. *J Appl Physiol* (1985). 1993;75(6):2774-2780.

Annexe 1. Objectifs glycémiques pour les lecteurs par piqûre du doigt et besoins en glucides pour les jeunes atteints de DT1 avant un exercice et toutes les 30 minutes pendant la séance, sur la base de données de niveau de preuve D.

Glycémie mesurée par capteur ou test	Réponse glycémique anticipée pendant la séance en fonction du type d'exercice, de l'insuline embarquée et des ajustements de bolus, des ajustements du taux basal et des précédentes expériences de réponse à l'exercice					
	Glucides par période de 30 minutes par poids corporel en kilogrammes†					
	Chute attendue pendant l'exercice			Stabilité ou hausse attendue pendant l'exercice		
Supérieure à 15,0 mmol/l (270 mg/dl) avec cétones supérieures à 0,6 mmol/l	Cétones > 1,5 mmol/l : appliquer les conseils habituels concernant les cétones et éviter l'activité physique Cétones entre 1,1 et 1,4 mmol/l : administrer une demi-dose de correction par stylo-injecteur et mesurer à nouveau après 60 minutes Cétones entre 0,6 et 1,0 mmol/l : administrer une demi-dose de correction par stylo-injecteur et attendre 15 minutes pour commencer l'exercice					
Supérieure à 15,0 mmol/l (270 mg/dl) avec cétones inférieures à 0,6 mmol/l	Envisager d'administrer la moitié du bolus de correction habituel					
10,1-15,0 mmol/l (181-270 mg/dl)	Pas de glucides					
Poids (kg)‡	10-30 kg	30-50 kg	>50 kg	10-30 kg	30-50 kg	>50 kg
Objectif pour l'exercice†						
7,0-10,0 mmol/l (126-180 mg/dl)	2-12 g ¹¹⁷	6-25 g ¹¹⁷	12-24 g ¹¹⁷	0 g	0 g	0 g
5,0-6,9 mmol/l (90-125 mg/dl)	5-15 g ⁷⁰	15-25 g ⁷⁰	30 g ⁷⁰	2-6 g ¹¹⁶	6-10 g ¹¹⁶	12 g ¹¹⁶
Exercice repoussé ou arrêté pendant 20 minutes						
4,0-4,9 mmol/l (70-89 mg/dl)	3-9 g ¹⁹⁵	9-15 g ¹⁹⁵	18 g ¹⁹⁵	3-9 g ¹⁹⁵	9-18 g ¹⁹⁵	18 g ¹⁹⁵
3,0-3,9 mmol/l (54-70 mg/dl)	Traiter l'hypoglycémie et repousser l'exercice jusqu'à ce que la glycémie soit supérieure à 4,9 mmol/l (89 mg/dl)					
Inférieure à 3,0 mmol/l (54 mg/dl)	Traiter l'hypoglycémie et ne pas commencer l'exercice en raison de l'altération de la réponse hormonale contre-régulatrice					

† Si le risque de méconnaissance de l'hypoglycémie ou de l'hyperglycémie est moyen ou élevé, augmenter l'objectif pour l'exercice à 8,0-11,0 mmol/l (145-198 mg/dl) ou 9,0-12,0 mmol/l (162-216 mg/dl), respectivement. ‡ Si l'indice de masse corporelle est ≥ 91 e percentile, utiliser le poids corporel idéal en kg : (IMC dans le 50e percentile pour l'âge \times [taille en mètres]²),¹¹¹ à moins que l'IMC élevé ne soit dû à une importante masse musculaire. Données concernant des hommes adultes.^{105-107,196} Données concernant des hommes et des femmes adultes.^{116,117} Données concernant des enfants de sexe masculin.⁷⁰ Données concernant des enfants de sexe masculin et féminin.^{111,195}

Annexe 2. Objectifs glycémiques pour la SGC et besoins en glucides basés sur la glycémie et les flèches de tendance pour les jeunes atteints de DT1 avant un exercice et toutes les 20 minutes pendant la séance, sur la base de données de niveau de preuve D.

Glycémie mesurée par capteur ou test	Flèche de tendance	Réponse glycémique anticipée pendant la séance en fonction du type d'exercice, de l'insuline embarquée et des ajustements de bolus, des ajustements du taux basal et du contrôle glycémique préalable					
		Chute attendue pendant l'exercice			Stabilité ou hausse attendue pendant l'exercice		
		Si la fréquence de test est supérieure à 20 minutes, sélectionner la quantité de glucides sur la base d'une tendance stable et ajuster selon la fréquence de test					
Supérieure à 15,0 mmol/l (270 mg/dl) avec cétones supérieures à 0,6 mmol/l	Toutes les tendances	Cétones > 1,5 mmol/l : appliquer les conseils habituels concernant les cétones et éviter l'activité physique Cétones entre 1,1 et 1,4 mmol/l : administrer une demi-dose de correction par stylo-injecteur et mesurer à nouveau après 60 minutes Cétones entre 0,6 et 1,0 mmol/l : administrer une demi-dose de correction par stylo-injecteur et attendre 15 minutes pour commencer l'exercice					
Supérieure à 15,0 mmol/l (270 mg/dl) avec cétones inférieures à 0,6 mmol/l	→↗↑	Envisager d'administrer la moitié du bolus de correction habituel					
	↘↑	Pas de glucides					
Poids (kg)‡		10-30 kg	30-50 kg	>50 kg	10-30 kg	30-50 kg	>50 kg
10,1-15,0 mmol/l (181-270 mg/dl)	↑						
	↗						
	→						
	↘	1-3g	3-5g	6g			
	↓	2-6g	6-10g	12g			
Objectif pour l'exercice† 7,0-10,0 mmol/l (126-180 mg/dl)	↑						
	↗	1-3g	3-5g	6g			
	→	2-6g	6-10g	12g			
	↘	3-9g	9-15g	18g	2-6g	6-10g	12g
	↓	4-12g	12-20g	24g	3-9g	9-15g	18g
5,0-6,9 mmol/l (90-125 mg/dl)	↑	1-3g	3-5g	6g			
	↗	2-6g	6-10g	12g	1-3g	3-5g	6g
	→	3-9g	9-15g	18g	2-6g	6-10g	18g
	↘	4-12g	12-20g	24g	3-9g	12-20g	18g
	↓ [§]	5-15g	15-25g	30g	4-12g	12-20g	24g
4,0-4,9 mmol/l (70-89 mg/dl)	↑	2-6g	6-10g	12g	1-3g	3-5g	6g
	↗	3-9g	9-15g	18g	2-6g	6-10g	18g
Exercice repoussé ou arrêté pendant 20 minutes 4,0-4,9 mmol/l (70-89 mg/dl)	→	3-9g	9-15g	18g	3-9g	9-15g	18g
	↘ [§]	4-12g	12-20g	24g	4-12g	12-20g	24g
	↓ [§]	5-15g	15-25g	30g	5-15g	15-25g	30g
3,0-3,9 mmol/l (54-70 mg/dl)	Toutes les tendances	Traiter l'hypoglycémie et repousser l'exercice jusqu'à ce que la glycémie soit supérieure à 4,9 mmol/l (89 mg/dl)					
Inférieure à 3,0 mmol/l (54 mg/dl)	Toutes les tendances	Traiter l'hypoglycémie et repousser l'exercice jusqu'à ce que la glycémie soit supérieure à 4,9 mmol/l (89 mg/dl)					

† Si le risque de méconnaissance de l'hypoglycémie ou de l'hyperglycémie est moyen ou élevé, augmenter l'objectif pour l'exercice à 8,0-11,0 mmol/l (145-198 mg/dl) ou 9,0-12,0 mmol/l (162-216 mg/dl), respectivement. ‡ Si l'indice de masse corporelle est ≥ 91 e percentile, utiliser le poids corporel idéal en kg : $(\text{IMC dans le } 50^{\text{e}} \text{ percentile pour l'âge} \times [\text{taille en mètres}]^2)$,¹¹¹ à moins que l'IMC élevé ne soit dû à une importante masse musculaire. § Envisager un test de glycémie car la valeur fournie par la SGC peut être décalée. Données concernant des enfants de sexe masculin et féminin.¹¹¹