

UNIVERSITE DE LILLE

**FACULTE DE MEDECINE HENRI WAREMBOURG**

Année : 2021

THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT

DE DOCTEUR EN MEDECINE

**IMPACT DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE SUR LES VARIATIONS  
GLYCÉMIQUES, DANS LA VIE QUOTIDIENNE, CHEZ L'ENFANT  
DIABÉTIQUE DE TYPE 1**

**Une étude observationnelle de terrain, avec prise en compte de la durée, de l'intensité et du moment de l'activité physique, ainsi que des habitudes en matière d'insulinothérapie et d'alimentation**

Présentée et soutenue publiquement le 20 Mai 2021 à 18 heures  
Au Pôle Formation

**Par Alexis COQUART**

---

**JURY**

**Président :**

**Monsieur le Professeur Pierre FONTAINE**

**Assesseurs :**

**Monsieur le Professeur Julien GIRARD**

**Monsieur le Professeur Marc BAYEN**

**Directeur de Thèse :**

**Madame le Docteur Elsa HEYMAN**

## **Avertissement**

La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs.

## Liste des abréviations

<b>ADA</b>	American diabetes association
<b>ANSES</b>	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
<b>APMV</b>	Activité d'intensité modérée à vigoureuse
<b>CH</b>	Centre Hospitalier
<b>CNIL</b>	Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés
<b>DID</b>	Diabète insulino-dépendant
<b>DT1</b>	Diabète de type 1
<b>DT2</b>	Diabète de type 2
<b>ETP</b>	Éducation Thérapeutique du Patient
<b>HLA</b>	Human Leukocyte Antigen
<b>ETP</b>	Éducation Thérapeutique du Patient
<b>e+</b>	Estimation positive
<b>e-</b>	Estimation negative
<b>HbA1c</b>	Hémoglobine glyquée
<b>IMC</b>	Indice de Masse Corporelle
<b>LC</b>	Lever au coucher
<b>MVPA</b>	Moderate to Vigorous Physical Activity
<b>NS</b>	Nuit suivante
<b>OMS</b>	Organisation mondiale de la santé
<b>PMA</b>	Puissance Maximale Aérobie
<b>PWC</b>	Physical Working Capacity

## Tables des matières

<b>RÉSUMÉ</b> .....	<b>6</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>7</b>
I. Diabète.....	7
A. Histoire .....	7
B. Généralités .....	7
1. Définition et Épidémiologie.....	7
2. Pathogénèse du DT1 .....	9
3. Diagnostic du diabète.....	9
4. Traitement du diabète de type 1.....	10
II. Activité physique.....	11
A. Définitions.....	11
B. Recommandation (15).....	11
1. 5 – 17 ans.....	11
2. 18 – 64 ans.....	11
3. 65 ans et plus .....	12
III. Diabète de type 1 et Activité physique.....	12
A. Bénéfices de l'AP chez les DT1 .....	13
B. Niveaux d'activité physique chez les enfants et adolescents DT1 .....	13
C. Freins à l'AP .....	14
D. Études sur la prévention du risque hypoglycémique à l'exercice dans le DT1	15
<b>MATÉRIELS ET MÉTHODES</b> .....	<b>17</b>
I. Type d'étude .....	17
II. Population.....	17
III. Mesures .....	17
IV. Méthode d'analyse des données .....	18

<b>RÉSULTATS .....</b>	<b>21</b>
I. Diagramme de flux.....	21
II. Caractéristiques de la population incluse .....	21
1. Caractéristiques des sujets inclus .....	22
2. Données sur le niveau d'AP habituelle et l'aptitude aérobie .....	23
3. Données sur les freins à l'AP .....	25
III. Impact de l'activité physique sur les paramètres glycémiques en tenant compte de l'insuline et des glucides ingérés.....	28
E. Influence de l'activité physique sur :.....	32
1. Paramètres glycémiques du lever au coucher .....	32
2. Paramètres glycémiques de la Nuit Suivante.....	33
3. Paramètres glycémiques sur les 2h après le début du Déjeuner.....	33
4. Paramètres glycémiques sur les 2h après le début du Diner.....	34
F. Influence de la Sédentarité sur :.....	34
1. Paramètres glycémiques du Lever au coucher.....	34
2. Paramètres glycémiques de la Nuit Suivante.....	35
3. Paramètres glycémiques du Déjeuner .....	35
4. Paramètres glycémiques du Diner .....	35
G. Influence de la Glycémie initiale.....	35
H. Influence de l'alimentation.....	36
I. Influence de l'insulinothérapie .....	36
<b>DISCUSSION .....</b>	<b>37</b>
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>42</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>43</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>47</b>

## RÉSUMÉ

**Introduction :** L'activité physique fait partie intégrante du schéma thérapeutique des patients diabétiques. Source d'inquiétude face au risque hypoglycémique, ce dernier devient un frein à sa pratique. Notre étude a pour objectif d'évaluer l'impact de l'activité physique sur les variations glycémiques, dans la vie quotidienne, chez l'enfant présentant un diabète de type 1.

**Matériel et Méthodes :** Il s'agit d'une étude observationnelle de terrain basée sur la prise en compte de la glycémie par un capteur de glucose sous cutané, de l'activité physique par un accéléromètre et des habitudes en matière d'insulinothérapie et d'alimentation sur une semaine entière.

**Résultats :** Le temps de pratique d'activité physique modérée à intense (MVPA) a augmenté le temps passé en normoglycémie ( $p=0,015$ ) et a diminué le temps passé en hyperglycémie ( $p=0,01$ ) pendant la journée. Le temps passé en MVPA a présenté une tendance à l'augmentation du coefficient de variation glycémique ( $p=0,093$ ) mais n'a pas eu d'effet sur les glycémies nocturnes. Néanmoins on a remarqué que le temps de pratique d'une AP « intense à très intense » a diminué les moyennes glycémiques de la nuit suivante ( $p=0,034$ ) et a augmenté le temps en hypoglycémie nocturne ( $p=0,019$ ). La sédentarité pendant la journée a présenté une tendance à la diminution du temps en normoglycémie ( $p=0,055$ ) et une augmentation significative du temps en hyperglycémie ( $p=0,025$ ) sur la même période. De plus on a remarqué que l'augmentation des coupures dans le temps sédentaire a présenté une tendance à la diminution des moyennes glycémiques nocturnes ( $p=0,095$ ).

**Conclusion :** Notre étude montre que l'AP MVPA et modérée de la journée réduit le temps en hyperglycémie et augmente celui en normoglycémie. L'AP intense à très intense de la journée augmente le temps en hypoglycémie sur la nuit suivante. Ces résultats nous incitent à poursuivre les recherches afin de mettre en place des recommandations individualisés d'adaptation de l'insuline, de l'alimentation ou même de l'intensité de l'AP afin de réduire les périodes d'hypoglycémie ou d'hyperglycémie de cette population.

# INTRODUCTION

L'activité physique (AP) fait partie intégrante de l'arsenal thérapeutique du médecin en prévention primaire, secondaire et tertiaire. Elle est reconnue pour ses effets bénéfiques cardiovasculaires, respiratoires, métaboliques, locomoteurs, neuropsychiques et psychosociaux.

Néanmoins, chez les patients présentant un diabète de type 1 (DT1), l'AP, en particulier de type aérobie, peut être source d'inquiétude face au risque hypoglycémique associé à l'exercice, ce qui constitue alors un frein à sa pratique. Ce frein est présent dès l'enfance, chez le jeune ainsi que chez ses parents, ce qui est problématique quand l'on sait que les comportements actifs pour la vie future s'ancrent dès le plus jeune âge.

## I. Diabète

### A. Histoire

Initialement définie, notamment par Aretaeus puis repris par Galien, comme une maladie rénale par son débit urinaire important (1), le mot diabète n'est autre que le raccourci du terme « diabète sucré » ou « diabetes mellitus ».

L'étymologie du mot diabète vient du grec ancien « διαβήτης », signifiant siphon à traverser et le mot « mellitus » d'origine latine, traduit par mielleux ou sucré (2). Cette pathologie était connue comme « le mal qui pisse ».

C'est en 1674, que Thomas Willis, sépare le diabète des autres causes de polyurie notamment par le gout sucré des urines (1). L'urine sucrée est, également, retrouvée dans la littérature du Grec ancien, des Égyptiens, des Indiens ou encore des Perses.

### B. Généralités

#### 1. Définition et Épidémiologie

Le diabète est décrit comme une pathologie métabolique plurifactorielle responsable d'un défaut de sécrétion d'insuline, de son action ou des deux. Une atteinte de l'insulino-sécrétion ou une insulino-résistance périphérique entraîne une hyperglycémie chronique par atteinte du métabolisme des glucides, lipides et protides (3).

On observe différents types de diabète selon leurs physiopathologies. On peut distinguer deux grandes catégories que sont le type 1, insulino-dépendance secondaire à une carence en insuline et le type 2 lié à une résistance organique à l'insuline. Leurs principales caractéristiques sont présentées dans le *tableau 1*.

*Tableau 1 : Principales caractéristiques du diabète de type 1 et de type 2 tirée d'un article de la revue francophone d'orthoptie rédigé par le Dr Feldman (4)*

Type de diabète	Type 1	Type 2
Fréquence	Rare : 5-10 % des patients diabétiques adultes	Très élevée : > 90 % des patients diabétiques adultes
Physiopathologie	Provoqué par une réaction auto-immune détruisant les cellules du pancréas produisant l'insuline	Résulte de l'incapacité de l'organisme à répondre pleinement à l'insuline couplée à une production inadéquate d'insuline
Auto-immunité	Présente (anticorps positifs)	Absente
Sensibilité à l'insuline	Normale	Diminuée
Sécrétion d'insuline	Absente	Variable
Facteurs de risque	Susceptibilité génétique combinée à des facteurs environnementaux	Obésité, intolérance au glucose, antécédents familiaux de diabète ou personnels de diabète gestationnel
Age au diagnostic	Début dans l'enfance ou à l'adolescence, en majorité avant l'âge de 30 ans	Personnes adultes mais observé aussi chez des adolescents en raison de l'augmentation du taux d'obésité
Poids au diagnostic	Patient en général mince	Fréquence du surpoids et de l'obésité
Mode d'apparition	Rapide (semaines) en général Symptômes (soif excessive, urines abondantes, amaigrissement) et présence de corps cétoniques conduisant rapidement au diagnostic	Progressif (plusieurs mois ou années) Début insidieux avec fréquent retard au diagnostic (nombreux cas méconnus) Complications (plaie du pied, baisse visuelle, insuffisance rénale) pouvant révéler le diabète
Traitement	Insuline (multi-injections, pompe sous cutanée), sans laquelle le patient ne peut pas survivre	Mesures hygiéno-diététiques (+++) et activité physique. Hypoglycémiant oraux ou injectables. Insuline dans certains cas

En France, le diabète est estimé à 5,2% de la population générale en 2019 avec une prévalence du diabète de type 1 évaluée entre 0,3 à 0,5 %, ce qui représente 10% de l'ensemble des diabètes. Il existe un gradient Nord/Sud avec une incidence, pour la France, de 18 cas pour 100 000 chez les enfants de moins de 15 ans (5).

En regardant les dernières décennies, dans les pays Européens, on note une augmentation de l'incidence du DT1 d'environ 4% par an (5). Cette augmentation implique une origine complexe avec une part environnementale à ne pas négliger. En effet, devant le manque de concordance sur l'étude de jumeaux monozygotes, l'effet environnemental est considéré comme un facteur important (6).

Pour sa part, le diabète de type 2 (DT2) correspond à 90% des diabètes avec une prévalence probablement très sous-estimée car ne tenant pas compte des personnes non traitées ou non diagnostiquées.

L'incidence du DT2 augmente avec l'âge. Le diagnostic moyen est aux alentours de 65 ans. L'incidence est maximale entre 75 et 79 ans avec 20% des hommes et 14% des femmes traités pour cette maladie (7). Malgré un profil de patient plus âgé, le

diabète de type 2 touche aussi de plus en plus de jeunes, y compris des adolescents, voire des enfants (8).

Notre étude est centrée sur une population pédiatrique présentant un DT1.

## 2. Pathogénèse du DT1

Le DT1 est une maladie auto-immune chronique d'origine plurifactorielle combinant une part génétique, notamment sur la région HLA du chromosome 6, et environnementale. Cette affection entraîne une destruction des îlots bêta de Langerhans du pancréas par médiation immunitaire.

Différents stades de la maladie ont été décrit :

- **Stade 1** : Auto-immunité / Normoglycémie / Pré-symptomatique
- **Stade 2** : Auto-immunité / Dysglycémie / Pré-symptomatique
- **Stade 3** : Auto-immunité / Dysglycémie / Symptomatique

Le **stade 1** retrouve la présence d'au moins 2 anticorps d'îlots ciblant soit l'insuline, GAD65, IA-2 ou ZnT8.

Le **stade 2** ajoute une intolérance au glucose secondaire à une perte de masse fonctionnelle des cellules bêta de Langerhans.

Le **stade 3** ajoute les manifestations cliniques, parfois bruyantes, pouvant associer un syndrome cardinal avec polyuro-polydipsie, amaigrissement, asthénie et hyperglycémie (9).

## 3. Diagnostic du diabète

Le diagnostic d'un diabète est biologique. Il existe différents dosages permettant la confirmation de la maladie (10):

- Dosage du glucose plasmatique > 126 mg/dL après un jeûne d'au moins 8 heures à deux reprises.
- Dosage du glucose plasmatique > à 200 mg/dL chez un patient symptomatique d'une hyperglycémie.
- Patient présentant deux tests anormaux sur un même échantillon : un glucose plasmatique > 126 mg/dL et une hémoglobine glyquée (HbA1c) > 6,5 % (11).

- Test d'hyperglycémie provoqué :
  - Ingestion d'un équivalent de 75 g de glucose anhydre dissous dans l'eau avec contrôle de la glycémie à H+2.
- Dosage de l'HbA1c > 6,5% à 2 reprises.

Le dépistage du risque de DT1 par la recherche d'autoanticorps peut-être proposé dans le domaine de la Recherche si un membre de la famille, au premier degré, présente un DT1 (12).

Pour poser un diagnostic de DT1, il est recommandé de doser le glucose plasmatique et non l'HbA1c (12).

#### **4. Traitement du diabète de type 1**

L'atteinte de l'insulino-sécrétion fait que l'insulinothérapie reste le pilier du traitement du DT1. Découvert en 1922 ce traitement a révolutionné cette maladie passant d'une évolution terminale à une pathologie traitable. Les connaissances et la prise en charge du DT1 se développe d'année en année. Afin d'imiter la libération d'insuline physiologique, deux prises en charge se dégagent : la première avec un schéma en injections multiples par stylos associant une insuline lente ainsi qu'une insuline rapide pour les repas et la seconde avec l'utilisation d'une pompe à insuline en continu. La fluctuation quotidienne de la glycémie liée aux habitudes alimentaires, au stress, à l'AP et au mode de vie nécessite des ajustements fréquents de la posologie administrée. L'utilisation d'un capteur de glucose interstitiel en continu avec l'administration d'insuline offre une perspective future pour l'utilisation d'un pancréas artificiel.

L'insuline permet d'améliorer le contrôle du diabète et l'Américain Diabete Association (ADA) a fixé comme objectif une HbA1c < 7% pour les adultes et < 7,5% pour les enfants et adolescents (13). Ces objectifs ont été proposés afin d'éviter les complications micro et macrovasculaires au long terme.

A côté du traitement insulinique obligatoire dans la prise en charge du DT1, d'autres éléments sont vivement recommandés, tels que l'autosurveillance glycémique mais aussi l'activité physique.

## **II. Activité physique**

La baisse d'activité physique et la sédentarité de la population générale est devenue un problème de santé publique. Première cause de mortalité évitable, l'inactivité augmente le risque de pathologies cardiaques, d'accidents vasculaires cérébraux et de diabète de 20 à 30% (14). L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a proposé des directives internationales concernant l'AP (15).

### **A. Définitions**

L'AP correspond au mouvement d'un muscle squelettique responsable d'une augmentation de la dépense énergétique. L'activité aérobie est considérée comme modérée ou intense lorsqu'elle est pratiquée à une fréquence cardiaque dépassant respectivement 55% ou 70% de la fréquence cardiaque maximale, ce qui correspond respectivement à une dépense énergétique supérieure à 3 ou 6 METs (Metabolic Equivalent Task).

La sédentarité est caractérisée par une dépense énergétique inférieure à 1,6 METs. Considérée comme le quatrième facteur de risque de décès mondial, cette dernière serait une des principales causes des cancers du sein ou du colon (21 à 25%), des DT2 (27%) et des cardiopathies ischémiques (30%) (15) :

### **B. Recommandation (15)**

#### **1. 5 – 17 ans**

Les enfants et jeunes gens âgés de 5 à 17 ans doivent pratiquer au moins 60 minutes par jour d'activité physique aérobie d'intensité modérée à intense. Il est également important d'y associer une activité anaérobie de renforcement musculaire trois fois par semaine.

L'ADA recommande également la pratique de 60 minutes par jour d'une AP aérobie d'intensité modérée à vigoureuse (intense) pour les enfants et adolescents présentant un diabète de type 1 ou 2 (16).

#### **2. 18 – 64 ans**

Les adultes doivent pratiquer au moins 150 minutes d'activité aérobie d'intensité modérée ou 75 minutes d'activité aérobie d'intensité soutenue par semaine. Il est également possible de combiner les deux intensités pour une durée intermédiaire. De plus, les épisodes d'AP doivent durer au moins 10 minutes. Cet intervalle d'au moins 10 minutes n'est pas reconnu par tous et certaines études décrivent un bénéfice dès

les premières minutes (17). L'idéal serait d'atteindre 300 minutes d'AP d'intensité modérée par semaine ou de pratiquer 150 minutes par semaine d'activité d'endurance d'intensité soutenue. Un autre objectif est la pratique associée d'une activité anaérobie de musculation deux fois par semaine.

L'agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) recommande quant à elle, 30 minutes d'activité physique quotidienne d'intensité modérée à vigoureuse (APMV) et moins de 7 heures de temps sédentaire par jour. La totalité de la population française ne respecte pas les recommandations. On retrouve 37% de personnes qui ne réalisent pas les durées d'APMV et 84% de personne ayant un temps sédentaire supérieur à 7 heures par jour (18).

Une étude de 2019 sur l'AP et la sédentarité dans une population de médecins généralistes retrouve que seulement 51,1% des médecins de l'étude respectent les recommandations d'APMV et que 98,9% dépassent les 10 heures de sédentarité pendant leurs journées de travail (19).

### **3. 65 ans et plus**

Les personnes âgées ont pour objectif la pratique d'une AP d'au moins 150 minutes d'activité aérobie d'intensité modérée ou au moins 75 minutes d'activité aérobie d'intensité soutenue par semaine. De plus, il est primordial d'insister sur la pratique d'une activité complémentaire de prévention des chutes et un travail d'équilibre. La pratique d'un renforcement musculaire est recommandée deux fois par semaine.

## **III. Diabète de type 1 et Activité physique**

Il est important d'encourager l'activité physique dès le plus jeune âge, en se basant sur l'hypothèse que l'enfance est une période privilégiée pour ancrer les comportements futurs (Kraut et al. 2003 (20)). La littérature démontre de nombreux effets positifs de l'activité physique chez l'adulte DT1 (Chimen et al. Diabetologia (21)).

De nombreuses études se sont intéressées au lien entre l'activité physique pendant l'enfance et leurs conséquences à l'âge adulte. L'étude de Kraut et al. de 2003 retrouve que la participation à des activités parascolaires sportives augmente la pratique d'une activité physique de loisir chez les adultes (20). Une étude de « *l'American academy of pediatrics* » de 1998, rappelle que les adolescents sont

moins actifs que les enfants tout en exposant les aspects physiologique, psychosociaux et environnementaux des sujets. Cette étude incite une intervention sur les déterminants environnementaux et psychosociaux plutôt que le travail sur l'aspect physiologique de développement (22). La recherche de corrélats et de déterminants à la pratique d'une activité physique décrits dans la revue « *the lancet* » en 2012 permet de cibler les interventions de santé publique (23).

Dès l'enfance dans le DT1, l'activité physique peut en outre avoir des effets bénéfiques.

### **A. Bénéfices de l'AP chez les DT1**

Réaliser une activité physique quotidienne, en suivant les recommandations de l'OMS, permet une amélioration des paramètres métaboliques, améliore la sensibilité à l'insuline et le développement musculaire. Chez un patient DT1, l'AP aérobie diminue la glycémie (24) les besoins en insuline mais n'améliore pas forcément le contrôle glycémique (21). D'autres études montrent un effet bénéfique sur le bilan lipidique ainsi qu'une réduction de la morbi-mortalité cardiovasculaire (21). De plus, on retrouve un bénéfice psychologique de par la diminution du syndrome dépressif (25).

En 2019, deux revues de la littérature ont été publiées : une première concernant les résultats physiologiques et biochimiques de l'AP et de l'exercice chez les enfants et adolescents présentant un DT1 (26) et une seconde sur les avantages de l'AP chez l'enfant et l'adolescent DT1 (27). Ces deux revues confirment les bénéfices suscités notamment sur le plan métabolique, psychologique, la capacité cardio-respiratoire et l'amélioration de la sensibilité à l'insuline.

Malgré les intérêts de l'activité physique régulière chez les jeunes DT1, la littérature rapporte des niveaux d'activité physique en deça des attentes.

### **B. Niveaux d'activité physique chez les enfants et adolescents DT1**

Les adolescents ont une nette tendance à la diminution spontanée de l'AP que cela soit chez les sujets sains ou chez les sujets présentant un DT1 (28). Une revue de la littérature traitant de l'activité physique chez les jeunes diabétiques décrit un profil sédentaire des enfants atteints de cette maladie. On retrouve un profil de sédentarité similaire à leurs pairs en bonne santé (temps sédentaire > 10 heures / jour). En règle générale, que l'enfant soit diabétique ou non, il ne respecte pas les recommandations de l'ADA (29).

Les niveaux d'AP des enfants et adolescents DT1 sont souvent en deçà des recommandations. Quels sont les freins à la pratique de l'AP ?

### **C. Freins à l'AP**

Les avantages de l'AP sont indéniables, cependant la population DT1 en a peur. Il existe des obstacles à l'AP dont les plus fréquents sont la peur de l'hypoglycémie, une faible condition physique et les conditions climatiques (30). L'étude de Jabbour et al retrouve également le manque d'encouragement des parents voir même l'impact négatif du découragement engendré par les parents à la pratique d'une AP de leurs enfants (31).

L'AP, en particulier de type aérobie, peut être source d'épisodes hypoglycémiques (32), aussi bien pendant l'exercice que lors des 12 à 24h qui y font suite (33). Ceci est lié aux effets de l'insuline exogène (non adaptable physiologiquement et dont les adaptations nécessaires sont parfois difficiles à anticiper) qui viennent s'ajouter à l'effet stimulant de la contraction musculaire sur le captage du glucose. En effet, la contraction musculaire a une action positive directe sur la translocation des transporteurs de glucose (GLUT 4) et améliore également la sensibilité des récepteurs à l'insuline, ce 2<sup>e</sup> effet perdurant de nombreuses heures après l'arrêt de l'exercice (33).

A côté des épisodes hypoglycémiques, la difficulté émane également de la possibilité de survenue d'hyperglycémies. C'est par exemple le cas à l'arrêt d'un exercice, en période post-absorptive, en raison de l'absence du rebond d'insulinémie habituellement présent chez les personnes non diabétiques ou encore dans le cas d'une hyperglycémie déjà présente avant l'exercice, accompagnée d'une imprégnation trop faible en insuline (34). La *Figure 1* montre les variabilités glycémiques possibles à l'AP.

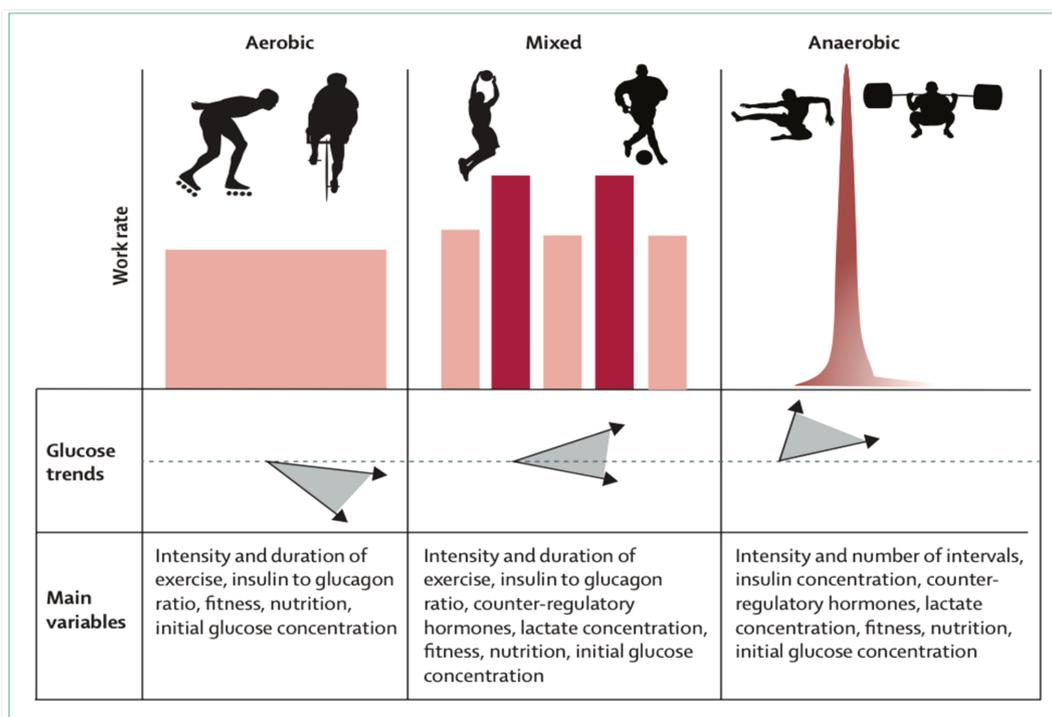


Figure 1 : Variabilité des réponses glycémiques à différentes formes d'exercices chez les personnes atteintes de diabète de type 1(33)

Ces variations glycémiques, induites par l'exercice dans le cadre du DT1, peuvent être source de diminution des capacités sportives. Cela représente un frein majeur à l'investissement dans une pratique physique régulière pour les patients (32).

Mieux comprendre l'influence respective des différents facteurs (e.g. alimentation, insuline, intensité et durée d'exercice) impliqués dans les variations glycémiques à l'exercice et après l'exercice dans le DT1 pourrait permettre d'améliorer les recommandations actuelles en matière d'adaptation afin d'anticiper un exercice, de limiter le risque hypoglycémique et de motiver les jeunes à pratiquer.

### D. Études sur la prévention du risque hypoglycémique à l'exercice dans le DT1

En vue d'aider le patient à éviter la survenue d'épisodes d'hypoglycémie, de nombreux travaux de la littérature ont tenté de moduler l'alimentation, l'insuline et/ou le type de modalité d'exercice chez des personnes DT1 afin d'en observer les effets sur la variabilité glycémique. Ces études ont servi de base pour l'élaboration de recommandations générales sur l'adaptation du traitement en fonction de l'activité physique. Elles ont aussi servi pour la genèse d'algorithmes de prédiction des variations glycémiques utilisé dans les travaux sur le pancréas artificiel couplant un

capteur de glucose avec une pompe à insuline associée de manière innovante à des capteurs de détection de l'activité physique.

Néanmoins, toutes les études, à l'origine des recommandations aux patients ou des algorithmes de prédiction de la glycémie, ont été réalisées en laboratoire avec des exercices isolés très précis et standardisés. Ces conditions « expérimentales » ne permettent cependant pas de tenir compte de l'effet de la variété des intensités, des durées d'exercices physiques et de leurs répétitions possibles dans la vie quotidienne. Elles ne peuvent pas non plus prendre en compte la réalité du terrain en termes d'adaptation de l'alimentation et de l'insulinothérapie opérées par les patients.

Concernant la prise en compte d'une variété d'activité physique, telle qu'expérimentée dans la vie quotidienne, quelques études ont tenté d'évaluer les liens entre l'activité physique sur le terrain, dans la vie de tous les jours (par accélérométrie) avec les données de glucose sous cutané récoltées en parallèle (capteur de glucose en continu) chez des enfants/adolescents DT1 (Metcalf et al de 2014, n=19 sur environ 4 jours (35); Maahs et al 2012 ; n = 30 sur 2 jours (36); Jagers et al de 2019 ; n = 10 sur 15 jours) ou des adultes DT1 (Farabi et al de 2017 ; n = 23 sur 60h, Heintzmeim et al de 2016 n=17 sur 72h (37)).

Parmi ces travaux, seuls deux d'entre eux ont pris en compte, en parallèle, les doses d'insuline administrées (Heintzmeim et al et Maahs et al) et seule une (Maahs et al) a également collecté les données sur les glucides consommés, facteurs ayant pourtant un effet majeur sur la glycémie. L'étude Maahs et al ne portait que sur 2 à 3 jours d'enregistrement, sur des échantillons de sujets relativement restreints, ce qui limitait la possibilité de généraliser les modélisations des variations glycémiques.

Notre étude a donc pour objectif principal d'évaluer l'impact de l'activité physique sur les variations glycémiques, dans la vie quotidienne, chez l'enfant présentant un DT1. Nous avons pris en compte la durée, l'intensité et le moment de l'activité physique, ainsi que les habitudes en matière d'insulinothérapie et d'alimentation sur une durée de 7 jours

# MATÉRIELS ET MÉTHODES

## I. Type d'étude

Il s'agit d'une étude observationnelle de terrain, avec prise en compte de la durée, de l'intensité et du moment de l'activité physique, ainsi que des habitudes en matière d'insulinothérapie et d'alimentation. Nous avons récolté les données sur une semaine de vie quotidienne.

## II. Population

Les sujets (garçons et filles) présentaient un diabète de type 1 depuis au moins 1 an et étaient traités par pompe à insuline ou injections multiples. Nous avons contacté plusieurs services d'endocrinologie du Nord/Pas de Calais, afin d'inclure un maximum de sujet. La population totale de l'étude est de 48 enfants et adolescents de plus de 4 ans présentant un DT1.

## III. Mesures

Entrant dans le cadre de l'Éducation Thérapeutique du Patient (ETP), ce projet a reposé sur la récolte de données terrain d'une durée de 7 jours chez des enfant DT1. Afin d'évaluer les barrières à l'AP de nos sujets, nous avons demandé aux enfants puis aux parents de répondre à un questionnaire validé dans une population de DT1 adulte, le « Barriers to Physical Activity in Type 1 Diabetes (BAPAD-1) » (38) déjà utilisé en population pédiatrique (30). Le questionnaire utilisé pour les enfants est en *Annexe 1* et celui des parents en *Annexe 2*.

### **Nous avons réalisé les enregistrements suivants :**

- **L'AP** : Les sujets ont dû remplir un semainier d'AP et porter à la hanche un accéléromètre uniaxial (Actigraph, GT1M). Les seuils discriminants la sédentarité et les différentes intensités d'activité physique ont été définis sur la base de l'étude de Migueles et al de 2017 (39).

- **L'insuline** : Nous avons téléchargé les données de la pompe à insuline ou pour les patients sous injections multiples, relevé les données reportées sur le semainier (doses et heures exactes).

- **Alimentation** : On leur a demandé de réaliser un semainier alimentaire (*Annexe 3*) précis (repas et collations), accompagné éventuellement de photos. Ce dernier a été vérifié par une diététicienne. Elle a déterminé, secondairement, les pourcentages et grammes de glucides rapides et lents, lipides, protéines et fibres de chaque repas et collations.

- **Glycémies** : Ils ont porté un capteur de glucose en continu iPro2 (Medtronic), permettant la mesure de données toutes les 5 min, ou leur FreeStyle avec mesure de données toutes les 15 minutes. Dans le cas de l'iPro2, nous leur avons demandé la réalisation de au moins deux glycémies capillaires par jour pour la calibration du capteur.

#### IV. Méthode d'analyse des données

L'ensemble des données des capteurs de glucose récoltées a été analysé à l'aide d'algorithmes développés par J.Heyman (Université Rennes 1) sur le logiciel « OCTAVE » : les pourcentages de temps passés en **hypoglycémie** (niveau 1, < 70 mg/dL ; niveau 2, < 54 mg/dL), en **normoglycémie** (entre 70 et 180 mg/dL), en **hyperglycémie** (niveau 1, > 180 mg/dL, niveau 2, > 250 mg/dL) ainsi que la **variabilité glycémique** (coefficient de variation) et les **Area 54** (aires sous la courbe compilant l'impact de la durée et de la valeur glycémique des hypoglycémies de niveau 2 (< 54 mg/dL)). Ces données ont été calculés sur des périodes d'intérêt. Seules les journées avec port de l'accéléromètre ont été prises en compte.

L'accéléromètre sur la semaine entière a permis la mesure quotidienne, ainsi que sur des périodes d'intérêt, de l'AP du sujet et d'évaluer l'intensité de cette dernière. En effet, comme cité précédemment, nous avons utilisé les seuils discriminants la sédentarité et les différentes intensités défini par l'étude de Migueles et al de 2017 (39). Nous avons utilisé le logiciel « ACTIGRAPH » pour analyser les données (*Figure 2*) permettant d'obtenir le temps passé sédentaire, en activité physique légère, modérée, ou intense sur des périodes d'intérêt (*tableau 2*).



Figures 2 : Analyse de l'accéléromètre sur le logiciel ACTIGRAPH.

Les analyses statistiques ont été faites en utilisant le logiciel « SPSS Statistics » version 27 (Figure 3). Nous avons réalisé des modèles mixtes linéaires (Tableau 3) avec effets aléatoires (permettant de tenir compte des répétitions pour un même individu, sur 7 jours) pour évaluer l'impact sur les paramètres glycémiques (variable dépendante), de l'activité physique, des glucides ingérés et de l'insuline administrée, tout en tenant compte de la glycémie initiale (effets fixes). Le seuil de significativité retenu était  $p < 0,05$ . Un  $p$  entre 0,05 et 1,0 était considéré comme une tendance. L'apport d'une estimation positive (e+) ou négative (e-) nous a permis d'orienter les résultats. La normalité des résidus des modèles était ensuite vérifiée. Les périodes et modèles utilisés sont présentés dans le *tableau 2 et 3*.

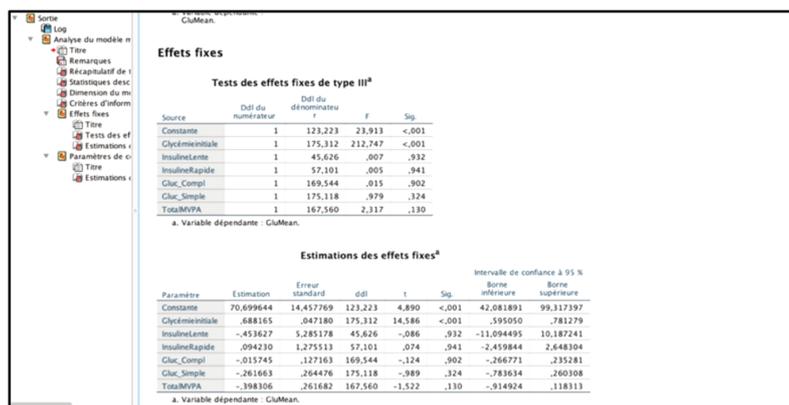


Figure 3 : Analyse statistique réalisé sur le logiciel SPSS.

Tableau 2 : Périodes analysées

Périodes glycémiques étudiées	Période accéléromètre (dont l'effet sur la période glycémique est étudié)
<b>Lever au coucher</b> : Heure du lever jusqu'à l'heure du coucher	Heure du lever jusqu'à l'heure du coucher
<b>Nuit suivante</b> : 2 heures post diner jusqu'au petit déjeuner du lendemain	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Heure du lever jusqu'à l'heure du coucher</li> <li>• De 17h00 au diner</li> </ul>
<b>Déjeuner</b> : Heure du Déjeuner + 2 heures	Heure du lever jusqu'au déjeuner
<b>Diner</b> : Heure du Diner + 2 heures	De 17h00 au diner

Tableaux 3 : modèles d'analyse des fichiers

Modèles testés	Covariables (effets fixes)
1 (Repas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Glycémie initiale <i>du début du repas</i></li> <li>• Insuline lente <i>sur les 2 heures post prandiales</i></li> <li>• Insuline rapide <i>du repas</i></li> <li>• Glucides simples <i>du repas</i></li> <li>• Glucides complexes <i>du repas</i></li> <li>• Interaction Insuline rapide * Glucides simples</li> <li>• Variable accéléromètre étudiée</li> </ul>
2 (Repas) (si l'interaction insuline rapide * glucides simples est NS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Glycémie initiale <i>du début du repas</i></li> <li>• Insuline lente <i>sur les 2 heures post prandiales</i></li> <li>• Insuline rapide <i>du repas</i></li> <li>• Glucides simples <i>du repas</i></li> <li>• Glucides complexes <i>du repas</i></li> <li>• Variable accéléromètre étudiée</li> </ul>
3 (Lever au coucher)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Glycémie initiale <i>du lever</i></li> <li>• Insuline totale <i>du Lever au coucher</i></li> <li>• Glucides totaux <i>du Lever au coucher</i></li> <li>• Variable accéléromètre étudiée</li> </ul>
4 (Nuit Suivante)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Glycémie initiale <i>2 heures après le diner</i></li> <li>• Insuline totale de <i>2h après le dîner jusqu'au petit déjeuner du lendemain</i></li> <li>• Glucides complexes du diner et totaux des collations nocturnes</li> <li>• Variable accéléromètre étudiée</li> </ul>

Si pour une variable dépendante donnée, à la fois le temps passé en activité physique modérée à intense et le temps sédentaire avaient un effet significatif, nous recommandons le modèle avec ces 2 paramètres de l'accéléromètre insérés en même temps dans le modèle. Ceci, afin de discerner lequel de ces deux paramètres influençait vraiment, indépendamment de l'autre la variable glycémique.

# RÉSULTATS

## I. Diagramme de flux

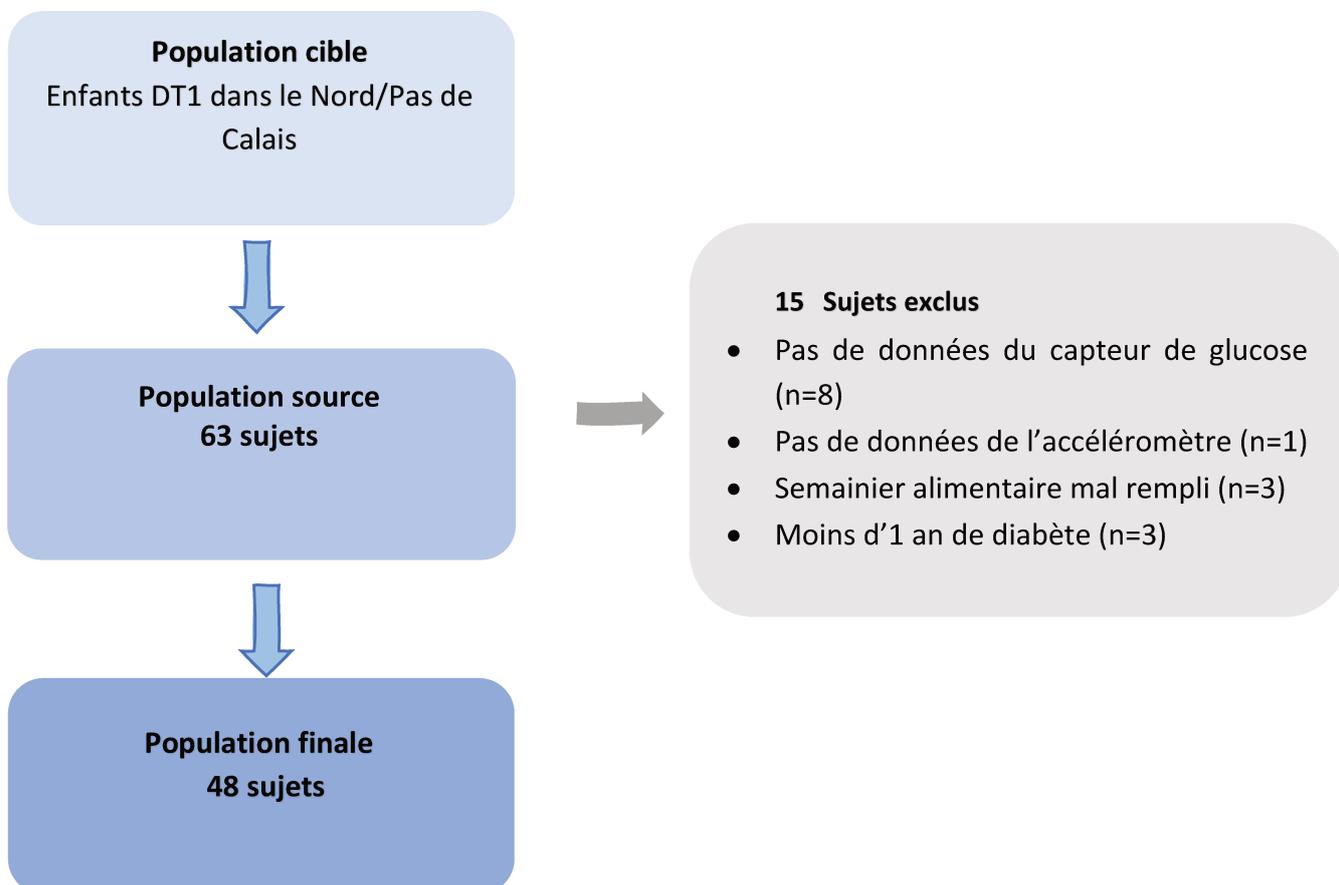


Figure 4 : Flow chart

## II. Caractéristiques de la population incluse

Les enfants et adolescents inclus étaient suivis dans différents centres hospitaliers (CH) du Nord/Pas de Calais. La répartition géographique des sujets est représentée dans le *tableau 4* :

Tableau 4 : Répartition géographique des sujets

Lieux	Nombre	%
Lille	30	63
Dunkerque	8	17
Valenciennes	5	10
Douai	2	4
Roubaix	2	4
Boulogne-sur-mer	1	2
Total	48	100

## 1. Caractéristiques des sujets inclus

Les caractéristiques des participants sont résumées dans le *tableau 5*.

Tableau 5 : Caractéristiques des participants à l'étude

	Moyenne $\pm$ SD	Min-Max	Informations complémentaires ou nombre de participants sur lequel le calcul est réalisé
<b>Caractéristiques démographiques</b>			
Sexe (H/F)	25/23		
Age (ans)	11,4 $\pm$ 3,6	4,0-18,2	> à 12 ans n = 27 ; > à 10 ans n = 32
Stade de Tanner (poils pubiens)	1,9 $\pm$ 1,4	1-5	Stade 1 : n = 28 ; Stade 2 : n = 4 ; Stade 3 : n = 7 ; Stade 5 : n = 5 ; donnée manquante : n = 4
Z-score IMC	3,4 $\pm$ 1,1	(-1,9) - 3,2	Normaux pondéré ( $\leq 1$ ) n = 33 ; surpoids ( $> 1$ ) n = 10 ; obésité ( $> 2$ ) n = 3 ; donnée manquante : n = 2
% masse grasse	18,3 $\pm$ 6,9	4,3-37	
Masse maigre (kg)	35,8 $\pm$ 14,6	15,4-77,2	n = 39
Circonférence Taille/Hanche	0,9 $\pm$ 0,1	0,8-1,1	n = 35
<b>Données médicales liées au diabète</b>			
HbA1c	7,8 $\pm$ 1	6,1-11,1	n = 11 <7% ; n = 21 <7,5% ; n = 19 >8% ; donnée manquante n = 2
Moyenne HbA1c sur la dernière années	7,4 $\pm$ 0,8	5,9-9,2	3 valeurs en moyenne ont été utilisées ( $\pm 0,9$ ) <7% n = 8 ; <7,5% n = 16 ; >8% n = 10 ; donnée manquante n = 18
Durée du diabète	5,6 $\pm$ 3,7	0,92-14,35	>10 ans n = 8 ; <10ans n = 40
Dose insuline quotidienne totale (U/Kg/j)	1,0 $\pm$ 0,4	0,3-2,4	Pompes n = 23 ; Multi-injections n = 25 ; Nombre moyen de bolus/j = 3,5 $\pm$ 0,8
Dose insuline rapide ou bolus quotidiens (U/Kg/j)	0,5 $\pm$ 0,4	0,1-2,2	
Dose insuline lente ou débits de base quotidiens (U/Kg/j)	0,4 $\pm$ 0,1	0,2-0,7	

Notre population finale est de 48 enfants DT1. Parmi eux, on retrouve 23 sujets sous pompe à insuline et 25 sous un schéma d'injections multiples (*Figure 5*).

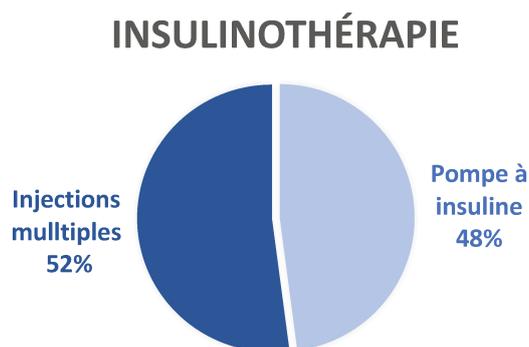


Figure 5 : Répartition insulinothérapie dans notre population.

## 2. Données sur le niveau d'AP habituelle et l'aptitude aérobie

Un auto-questionnaire d'AP habituelle Q-AP semaine (40) (*Annexe 4*), a été rempli par les enfants. Les résultats sont dans le *tableau 6*.

Tableau 6 : Résultats questionnaire Q-AP (semaine)

	Moyenne $\pm$ SD	Min-Max	Informations complémentaires (nombre de participants concernés par la mesure)
<b>Indications sur l'activité physique hebdomadaire</b>			
Activité physique de loisir hors club ou UNSS (h/sem)	2,3 $\pm$ 2,8	0-9,5	n = 23
Activité physique en club ou UNSS (h/sem)	2,5 $\pm$ 3,4	0-17	n = 32
Activité physique totale (h/sem)	6,0 $\pm$ 4,9	0-23	n = 35
Activité physique totale (METs.h/sem)	20,6 $\pm$ 16,6	0-52,8	n = 23
Activité physique antérieure en METs.h	4054,9 $\pm$ 4802,3	80-18792	n = 26
Sommeil (h/nuit)	9,2 $\pm$ 1,3	6-11,9	n = 36
<b>Scores au questionnaire Q-AP</b>			
Score intention AP	8,1 $\pm$ 2,5	0-11,5	n = 35 échelle de 0 à 10; 0 pas d'intention de pratiquer ; 10 beaucoup d'intention
Score Chance AP	7,4 $\pm$ 2,7	1-10	n = 35 échelle de 0 à 10; 0 pas de chance de pratiquer ; 10 beaucoup de chance
Score Moyen Soutien Social AP	3,6 $\pm$ 1,0	<b>2-7</b>	n = 37 échelle de 0 à 10; 0 pas soutien ; 10 beaucoup de soutien (moyenne de 3 scores encouragement/propositions/participation avec l'enfant)

Les enfants ont, ensuite, réalisé un test incrémental sous-maximal d'estimation de l'aptitude aérobie sur bicyclette ergométrique avec mesure de la fréquence cardiaque. Celui-ci a permis d'estimer la Puissance Maximale Aérobie (qui serait atteinte pour une FC maximale théorique de  $208 - (\text{Année} \times 0.7)$  ; validée dans l'étude Mahon et al de 2010 (41) et Machado et al de 2011 (42)) ; ainsi que de déterminer la PWC170 (puissance atteinte pour une FC de 170 bpm). Les résultats sont retranscrits dans le *tableau 7*.

Tableau 7 : Moyenne PWC et PMA

Aptitude Aérobic	Moyenne $\pm$ SD	Min-Max	Informations complémentaires (nombre de participants concernés par la mesure)
PWC <sub>170</sub> (W)	90,0 $\pm$ 3,8	42,2-211,5	n = 35
PWC <sub>170</sub> (W/kg)	2,0 $\pm$ 0,5	1,0-3,0	n = 35
PWC <sub>170</sub> (W/kgMM)	2,3 $\pm$ 0,6	1,1-3,4	n = 27
PMAestimée (W)	145,2 $\pm$ 74,2	67,4-480,1	n = 38
PMAestimée (W/kg)	3,1 $\pm$ 1,9	1,7-13,9	n = 38
PMAestimée (W/kgMM)	3,9 $\pm$ 2,6	1,8-16,6	n = 29

L'AP, mesurée objectivement par accéléromètre, pendant la semaine de vie quotidienne étudiée a été reporté dans les *tableaux 8 à 10* :

Tableau 8 : AP des sujets sur les 7 jours.

Temps passé dans les différents niveaux d'activité physique	Moyenne $\pm$ SD	Informations complémentaires
<b>7 jours semaine entière (n = 42)</b>		
Temps sédentaire (h/jour)	9,795 $\pm$ 1,73	
Activité physique légère (min/jour)	193,2 $\pm$ 75,3	
Activité physique modérée (min/jour)	33,3 $\pm$ 12,4	
Activité physique intense (min/jour)	16,4 $\pm$ 9,6	
Activité physique très intense (min/jour)	3,4 $\pm$ 4,1	
MVPA (min/jour)	52,9 $\pm$ 21,4	Au moins 60min MVPA/j pour n = 15

Légende : MVPA, activité physique d'intensité modérée à intense.

En analysant les données d'AP sur la semaine complète, on remarque que 15 sujets, parmi lesquels 4 filles et 11 garçons, soit seulement environ 31% des enfants et adolescents, respectent les recommandations de 60 minutes d'AP MVPA par jour.

Tableau 9 : AP des sujets sur les 5 jours de la semaine (sans le week-end).

Temps passé dans les différents niveaux d'activité physique	Moyenne $\pm$ SD	Informations complémentaires
<b>5 jours semaine (n = 43)</b>		
Temps sédentaire (h/jour)	9,98 $\pm$ 1,85	
Activité physique légère (min/jour)	194,9 $\pm$ 76,8	
Activité physique modérée (min/jour)	34,1 $\pm$ 11,4	
Activité physique intense (min/jour)	16,2 $\pm$ 10,1	
Activité physique très intense (min/jour)	3,4 $\pm$ 4,4	
MVPA (min/jour)	54,1 $\pm$ 20,8	Au moins 60min MVPA/j pour n=13

En analysant les données d'AP sur les jours de la semaine sans le week-end, on remarque que 30% des sujets respectent les recommandations de 60 minutes d'AP MVPA par jour.

Tableau 10 : AP des sujets sur les 2 jours du week-end.

Temps passé dans les différents niveaux d'activité physique	Moyenne $\pm$ SD	Informations complémentaires
<b>2 jours weekend (n = 41)</b>		
Temps sédentaire (h/jour)	8,59 $\pm$ 2,42	
Activité physique légère (min/jour)	178,9 $\pm$ 84,9	
Activité physique modérée (min/jour)	58,5 $\pm$ 41,4	
Activité physique intense (min/jour)	28,6 $\pm$ 22,1	
Activité physique très intense (min/jour)	5,6 $\pm$ 8,1	
MVPA (min/jour)	47,0 $\pm$ 30,2	Au moins 60min MVPA/j pour n=11

En analysant les données d'AP du week-end, on remarque que 27% des sujets réalisent les 60 minutes d'AP MVPA par jour.

### 3. Données sur les freins à l'AP

La réalisation d'un auto-questionnaire BAPAD-1 (*Annexe 2*), nous a permis d'évaluer les freins à l'AP dans notre population. Ce même questionnaire a été demandé aux enfants et aux parents. Les résultats sont inscrits dans les *figures 6 & 8*. Nous avons souhaité mettre en avant les principaux freins dans les *figures 7 & 9*.

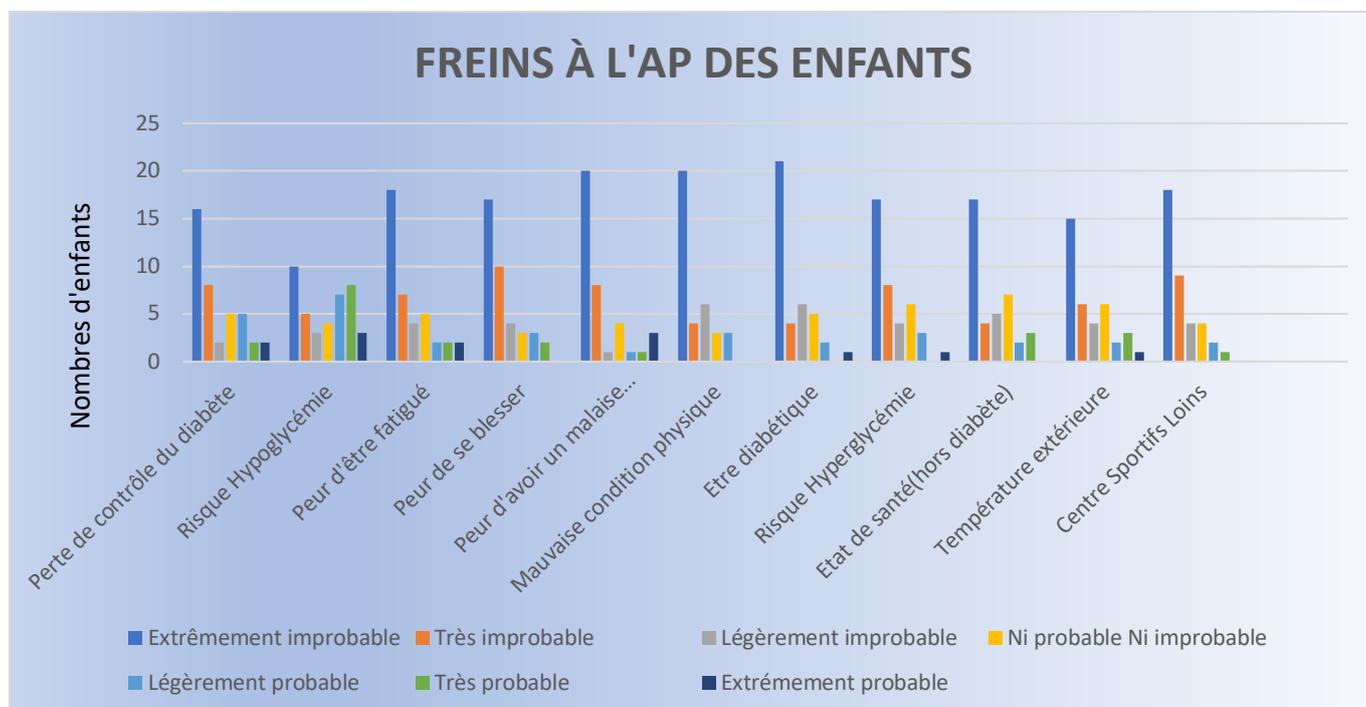


Figure 6 : Freins à l'AP dans notre population (BAPAD)

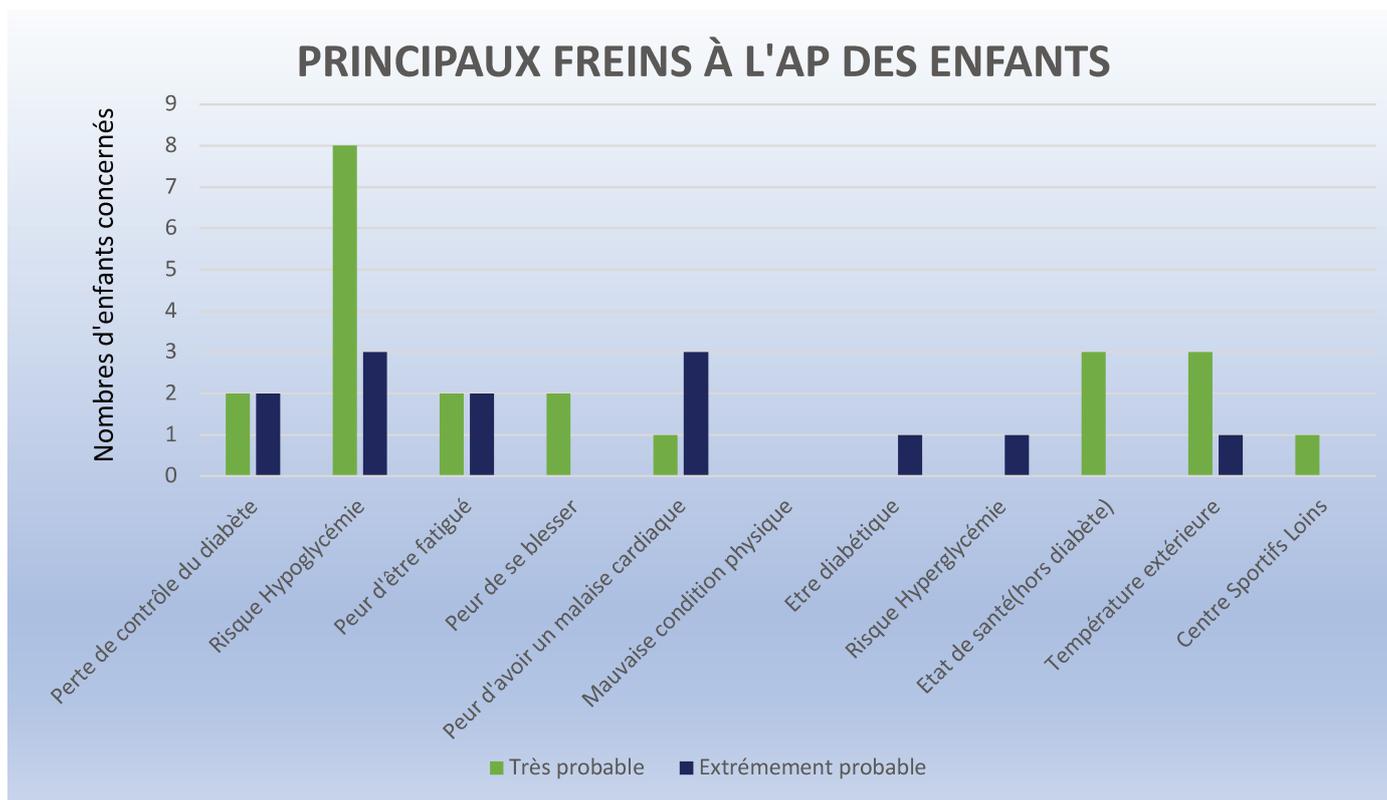


Figure 7 : Principaux freins à l'AP dans notre population.

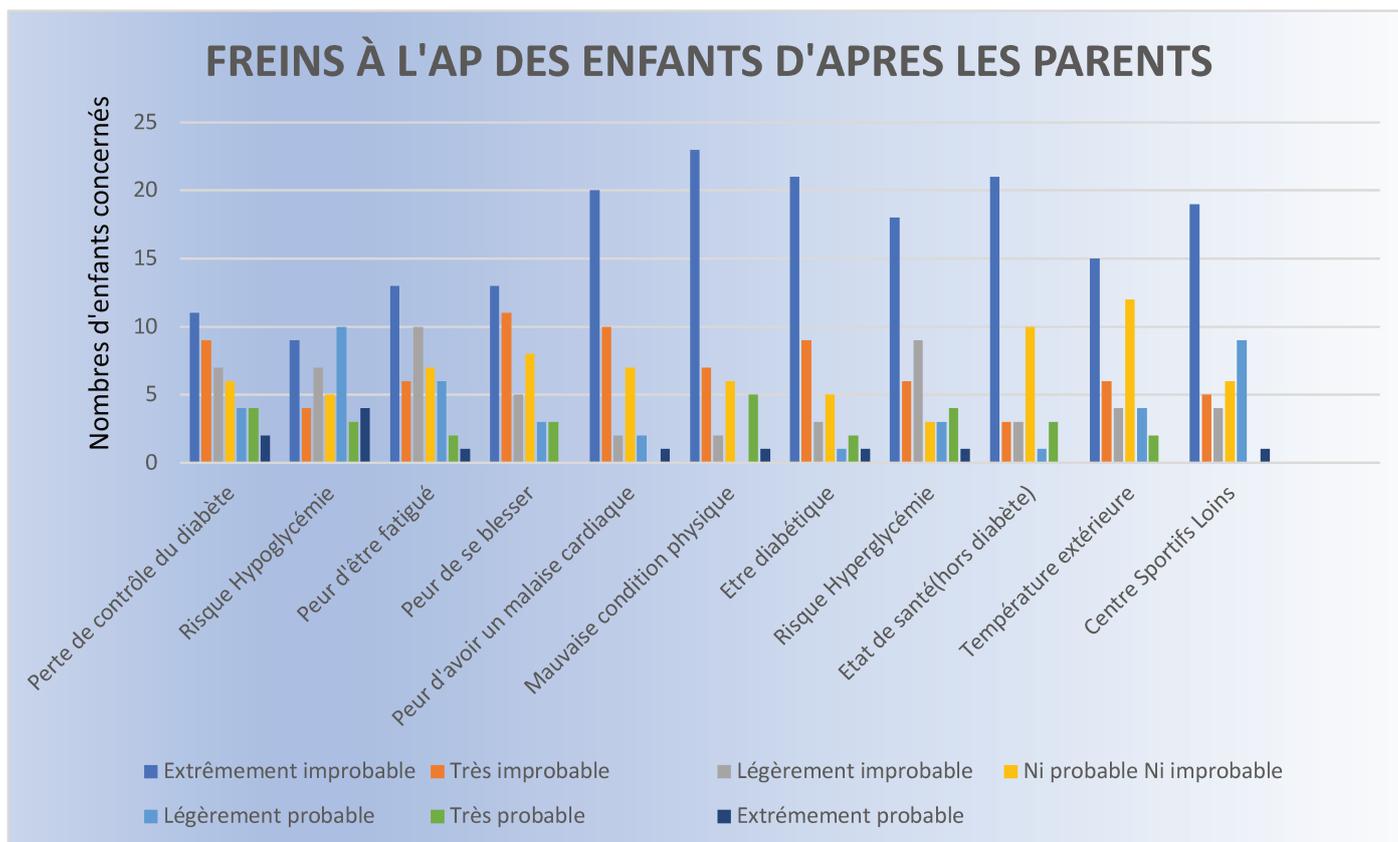


Figure 8 : Freins à l'AP dans notre population d'après les parents (BAPAD)

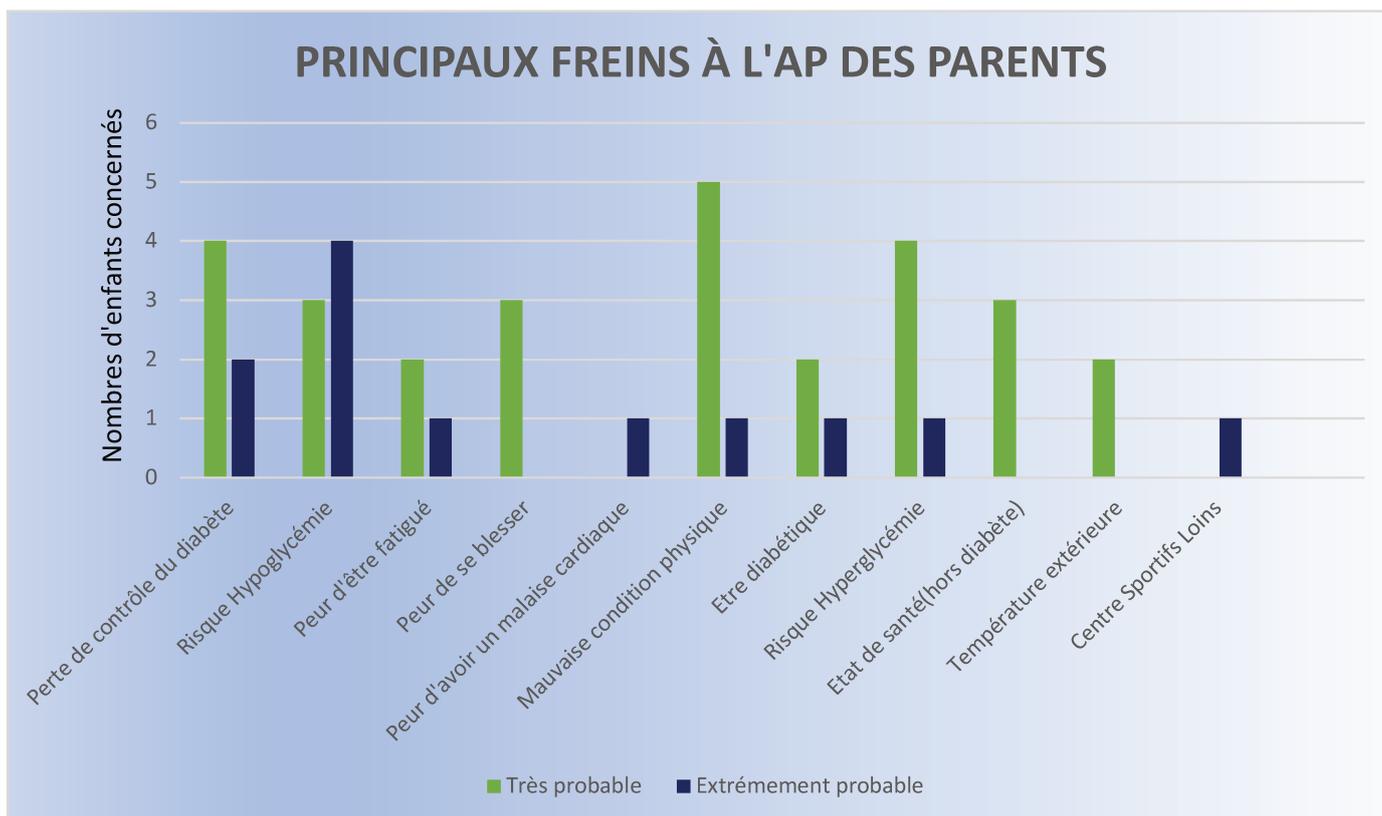


Figure 9 : Principaux freins à l'AP dans notre population d'après les parents.

Nous avons reporté la moyenne de chaque réponse dans le *tableau 11* et la moyenne de la totalité des réponses dans le *tableau 12*.

Tableau 11 : Récapitulatif des scores moyens au BAPAD1

	Moyenne $\pm$ SD (enfants)	Moyenne $\pm$ SD (parents)
Perte de contrôle du diabète	2,68 $\pm$ 1,9	3 $\pm$ 1,7
Risque Hypoglycémie	3,71 $\pm$ 2,1	3,58 $\pm$ 1,9
Peur d'être fatigué	2,59 $\pm$ 1,9	2,77 $\pm$ 1,5
Peur de se blesser	2,3 $\pm$ 1,5	2,67 $\pm$ 1,6
Peur d'avoir un malaise cardiaque	2,26 $\pm$ 1,9	2,14 $\pm$ 1,4
Mauvaise condition physique	2,14 $\pm$ 1,4	2,26 $\pm$ 1,7
Être diabétique	2,07 $\pm$ 1,5	2,19 $\pm$ 1,6
Risque Hyperglycémie	2,39 $\pm$ 1,5	2,53 $\pm$ 1,7
État de santé (hors diabète)	2,46 $\pm$ 1,7	2,45 $\pm$ 1,7
Température extérieure	2,58 $\pm$ 1,8	2,74 $\pm$ 1,6
Centres Sportifs éloignés	2,08 $\pm$ 1,4	2,6 $\pm$ 1,7

Chez les enfants comme chez leurs parents, le principal frein à la pratique d'une AP était la peur de l'hypoglycémie suivi de la perte de contrôle du diabète.

Tableau 12 : Moyenne totale score BAPAD enfants et parents.

	Moyenne totale score BAPAD $\pm$ SD
Enfants	2,5 $\pm$ 0,95 (n =37)
Parents	2,6 $\pm$ 1,0 (n = 39)

Il n'y a pas de différence significative entre le score moyen des parents et de leurs enfants (test de Wilcoxon, pour échantillons appariés).

### III. Impact de l'activité physique sur les paramètres glycémiques en tenant compte de l'insuline et des glucides ingérés

Grâce au port du capteur de glucose en continu nous avons réalisé un profil glycémique de nos sujets en ciblant certaines périodes glycémiques. Ces données sont reportées sur la *figure 10* et le détail dans les *tableaux 11 à 14*.

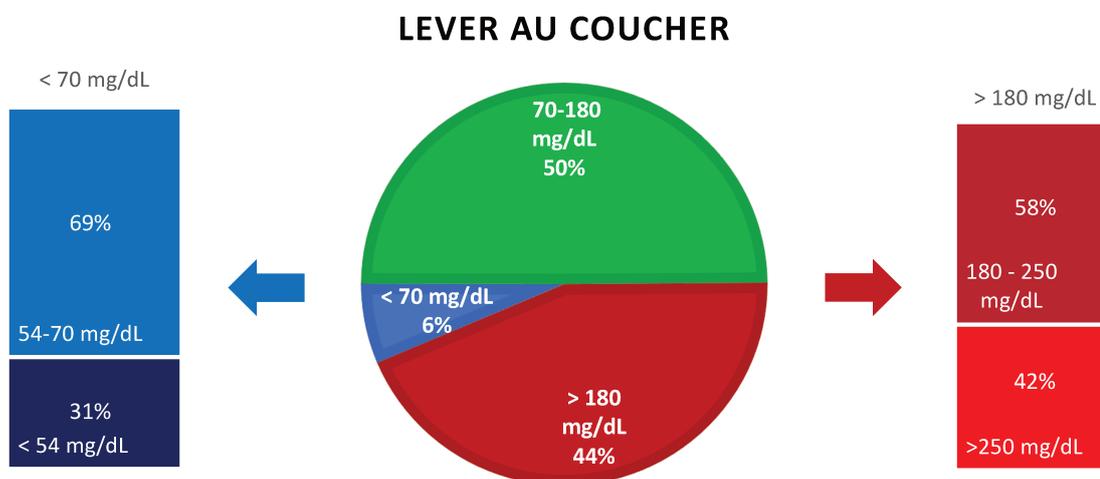


Figure 10 : Profil glycémique des sujets sur nos périodes glycémiques

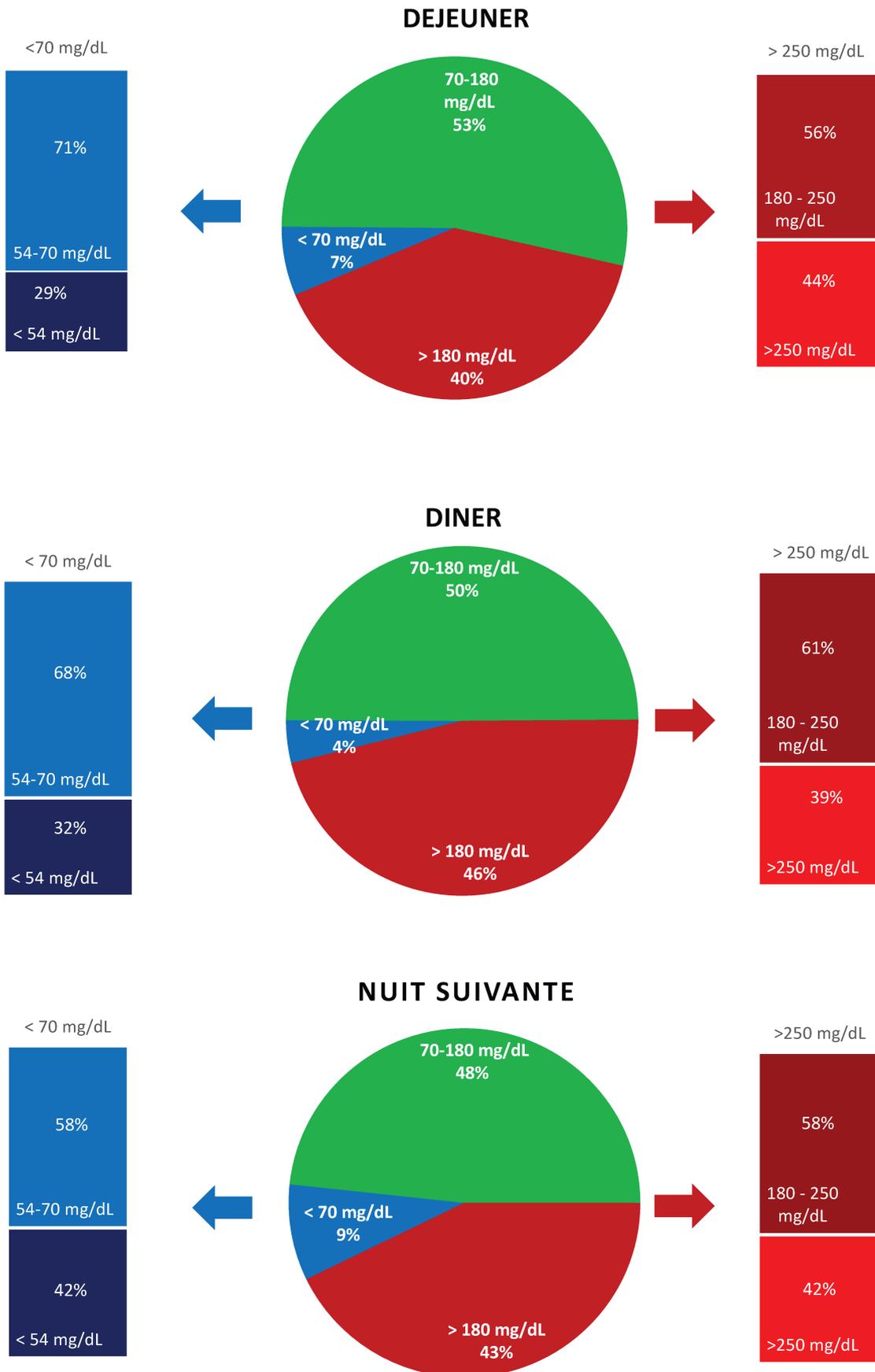


Figure 10 (suite) : Profil glycémique des sujets sur nos périodes glycémiques

Tableau 11 : profil glycémique des patients du lever au coucher

N=48

Période du lever au coucher			
	Moyenne $\pm$ SD	Min-Max	Informations complémentaires
GluMean	177,4 $\pm$ 34,8	101,7-271,4	
GluSd	61,0 $\pm$ 13,0	29,6-93,3	
Coefficient de variations	35,9 $\pm$ 6,9	21,7-56,9	coeffVar <36% (stable) n = 27 ; coeffVar $\geq$ 36% (instable) n = 21
Temps passé entre 70-140	31,9 $\pm$ 13,1	6,5-73,3	
Temps passé entre 70-180	49,3 $\pm$ 15,0	13,4-85,0	>70% du temps n = 4 ; >60% du temps n = 11
Temps passé >250	18,8 $\pm$ 13,3	0-56,95	
Temps passé <70	6,7 $\pm$ 7,8	0-40,4	<4% du temps n = 4
Temps passé >180	44,0 $\pm$ 17,8	1,4-86,4	<25% du temps n = 0
Temps passé >300	8,9 $\pm$ 9,5	0-38,7	

Tableau 12 : profil glycémique des patients du Déjeuner

N=48

Période déjeuner			
	Moyenne $\pm$ SD	Min-Max	Informations complémentaires
GluMean	171,6 $\pm$ 47,3	82,8-303,7	
GluSd	29,2 $\pm$ 10,0	10,3-56,6	
Coefficient de variations	18,3 $\pm$ 5,1	5,1-29,4	coeffVar <36% (stable) n = 48 ; coeffVar $\geq$ 36% (instable) n = 0
Temps passé entre 70-140	35,1 $\pm$ 19,4	0-73,4	
Temps passé entre 70-180	52,8 $\pm$ 20,6	5,9-84,2	>70% du temps n = 12 ; >60% du temps n = 20
Temps passé >250	17,5 $\pm$ 17,8	0-65,8	
Temps passé <70	6,6 $\pm$ 8,9	0-35,6	<4% du temps n = 16
Temps passé >180	40,6 $\pm$ 24,5	0-94,1	<25% du temps n = 2
Temps passé >300	8,4 $\pm$ 13,4	0-63,7	

Tableau 13 : profil glycémique des patients du Dîner

N=48

Période dîner			
	Moyenne $\pm$ SD	Min-Max	Informations complémentaires
GluMean	179,5 $\pm$ 40,8	96,4-273,3	
GluSd	31,1 $\pm$ 11,6	12,7-59,3	
Coefficient de variations	18,46,4	9,7-39,6	coeffVar <36% (stable) n = 47 ; coeffVar $\geq$ 36% (instable) n = 1
Temps passé entre 70-140	32,7 $\pm$ 19,4	0-82,3	
Temps passé entre 70-180	49,9 $\pm$ 23,5	10,6-97,9	>70% du temps n = 9 ; >60% du temps n = 16
Temps passé >250	17,216,2	0-59,5	
Temps passé <70	3,97,1	0-33,2	<4% du temps n = 29
Temps passé >180	46,123,5	0-89,4	<25% du temps n = 2
Temps passé >300	7,911,7	0-39,9	

Tableau 14 : profil glycémique des patients de la Nuit Suivante

N=48

Période de la nuit			
	Moyenne $\pm$ SD	Min-Max	Informations complémentaires
GluMean	174,1 $\pm$ 348,5	78,8-298,3	
GluSd	40,0 $\pm$ 13,9	10,4-85,6	
Coefficient de variations	24,5 $\pm$ 7,8	13,6-46,5	coeffVar <36% (stable) n = 44 ; coeffVar $\geq$ 36% (instable) n = 4
Temps passé entre 70-140	30,6 $\pm$ 16,8	3,8-69,3	
Temps passé entre 70-180	47,6 $\pm$ 19,5	8,0-89,2	>70% du temps n = 7 ; >60% du temps n = 12
Temps passé >250	18,6 $\pm$ 17,9	0-65,4	
Temps passé <70	9,2 $\pm$ 12,4	0-62,5	<4% du temps x=11
Temps passé >180	43,1 $\pm$ 24,9	0-91,9	<25% du temps x=2
>300	8,9 $\pm$ 11,2	0-53,1	

En moyenne, du lever au coucher, seulement 8% de nos sujets passent moins de 4% du temps en hypoglycémie et aucun moins de 25% du temps en hyperglycémie. Durant la nuit, moins du ¼ de nos sujets passent moins de 4% du temps en hypoglycémie et seulement 4% passent moins de 25% du temps en hyperglycémie. On remarque également qu'en moyenne seulement ¼ de nos sujets passent plus de 60% du temps en normoglycémie la journée ou la nuit. Pour ce qui est de la variabilité glycémique en journée, elle est caractérisée d'instable pour 44% des enfants, alors que pendant la nuit elle est caractérisée comme stable pour 91% des enfants.

La suite des résultats présentés sont des résultats préliminaires, sur un échantillon de : 39 sujets pour les analyses glycémiques du lever au coucher, 34 sujets pour les analyses glycémiques de la nuit suivante, 27 sujets sur les analyses postprandiales du déjeuner et 38 sujets sur les analyses postprandiales du dîner. En effet, l'analyse des données d'accélérométrie et d'alimentation sur les périodes spécifiques est encore en cours pour 9 sujets.

## **E. Influence de l'activité physique sur :**

### **1. Paramètres glycémiques du lever au coucher**

Le temps de pratique en MVPA ou en activité modérée du lever au coucher a augmenté le temps passé en normoglycémie (e+ ; p=0,015 pour MVPA et tendance avec p = 0,06 pour l'activité modérée) sur cette même période glycémique

On a remarqué également que le temps passé en MVPA ainsi que le temps en activité physique modérée du lever au coucher ont diminué le temps en hyperglycémie de niveau 1 (i.e. > 180 mg/dL) (e - ; p=0,01 pour MVPA et tendance avec p = 0,08 pour activité modérée). Le temps en AP d'intensité modérée a diminué également le temps passé en hyperglycémie de niveau 2 (>250 mg/dL) (e -, p =0,039).

Nous n'avons pas retrouvé de significativité entre le temps MVPA et le temps en hypoglycémie (<70 mg/dL).

Le temps passé en MVPA du lever au coucher a présenté une tendance à l'augmentation du coefficient de variation glycémique (e+ ; p=0,093).

## 2. Paramètres glycémiques de la Nuit Suivante

### a. Par rapport au temps d'activité physique du lever au coucher

Le temps de pratique MVPA du lever au coucher n'a pas retrouvé d'effet significatif sur les glycémies de la nuit suivante.

Néanmoins, en intégrant dans le modèle les temps passés en AP aux 3 intensités (légère, modérée et intense à très intense), le temps de pratique d'une AP « Intense à très intense » a significativement diminué la moyenne des glycémies nocturnes (e - ;  $p=0,034$ ) et a augmenté le temps en normoglycémie (e+ ;  $p=0,048$ ). Avec cette intensité, on a retrouvé, également, une augmentation significative du temps en hypoglycémie nocturne (e+ ;  $p=0,019$ ). Étrangement la pratique d'une AP d'intensité modérée a eu tendance à l'augmenter la moyenne glycémique nocturne (e+ ;  $p=0,068$ ) et a augmenté significativement le temps en hyperglycémie nocturne (e+ ;  $p=0,04$ ).

### b. Par rapport au temps d'AP de la fin d'après-midi

Le temps de pratique MVPA de la fin d'après-midi n'a pas retrouvé d'effet significatif sur les glycémies de la nuit suivante.

Néanmoins, en analysant l'impact des 3 plages d'intensité d'AP, le temps de pratique d'AP d'intensité intense à très intense a diminué significativement la moyenne glycémique (e - ;  $p = 0,003$ ), le temps en hyperglycémie  $>180$  mg/dL (e- ;  $p=0,048$ ) et  $> 250$  mg/dL (e- ;  $p=0,03$ ) de la nuit suivante. Par contre, pour cette dernière intensité d'AP, on a retrouvé une augmentation significative du temps passé en hypoglycémie (e+ ;  $p=0,012$ ) pendant la nuit suivante.

De façon assez surprenante, le temps de pratique d'une AP d'intensité modérée a augmenté les moyennes glycémiques de la nuit suivante (e+ ;  $p= 0,025$ ).

## 3. Paramètres glycémiques sur les 2h après le début du Déjeuner

Le temps de pratique MVPA, ainsi que le temps de pratique spécifiquement en AP modérée du matin, a augmenté le coefficient de variation glycémique (e+ ;  $p=0,049$  pour MVPA, et tendance à  $p = 0,08$  pour l'AP modérée) postprandial du déjeuner.

Néanmoins, le temps MVPA, ainsi que le temps de pratique d'une AP d'intensité intense à très intense spécifiquement, a augmenté le temps en normoglycémie après le déjeuner (e + ;  $p=0,029$  pour MVPA ;  $p=0,01$  pour AP intense à très intense) tout en

diminuant le temps en hyperglycémie >180 mg/dL (e- ; tendance pour MVPA à  $p=0,07$  ;  $p=0,021$  pour AP intense à très intense).

De plus l'AP intense à très intense a présenté une tendance à la diminution des moyennes glycémiques sur les 2h postprandiales (e - ;  $p=0,081$ ).

#### **4. Paramètres glycémiques sur les 2h après le début du Diner**

Le temps de pratique MVPA de fin d'après-midi a permis une diminution du temps passé en hyperglycémie >180mg/dL (e -,  $p= 0,009$ ) et une augmentation du temps en normoglycémie au cours du diner et en post prandial (e + ;  $p=0,014$ ).

De même, le temps de pratique d'un AP Intense à très intense a permis une diminution du temps passé en hyperglycémie >180mg/dL (e - ;  $p=0,02$ ).

Le temps en AP d'intensité légère a retrouvé une tendance (e + ;  $p=0,073$ ) pour l'augmentation du temps en normoglycémie sur cet intervalle.

### **F. Influence de la Sédentarité sur :**

#### **1. Paramètres glycémiques du Lever au coucher.**

Le temps sédentaire du lever au coucher a présenté une tendance (e- ;  $p=0,055$ ) pour la diminution du temps en normoglycémie et une augmentation du temps en hyperglycémie de niveau 1 (> 180mg/dL) de manière significative (e+ ;  $p=0,025$ ) sur cette même période glycémique.

Lorsque le temps passé en MVPA a été ajouté au modèle en plus du temps sédentaire, seul le temps en normoglycémie restait significativement influencé positivement par MVPA, sans effet significatif du temps sédentaire. Ceci nous fait suggérer un impact prédominant de MVPA versus la sédentarité, sur la glycémie.

Le nombre de coupures pendant le temps sédentaire, du lever au coucher, n'a pas eu d'effets significatifs sur les glycémies de cette période.

## 2. Paramètres glycémiques de la Nuit Suivante

### c. Par rapport à la sédentarité du lever au coucher

Le temps de sédentarité du lever au coucher n'a pas eu pas d'effet significatif sur les glycémies de cette période.

Néanmoins, l'augmentation du nombre des coupures dans leur temps sédentaire du lever au coucher a présenté une tendance à la diminution de la moyenne glycémique nocturne ( $e^-$  ;  $p=0,095$ ).

### d. Par rapport à la sédentarité de la fin d'après-midi

Le temps de sédentarité de la fin d'après-midi a diminué significativement le temps passé en normoglycémie ( $e^-$  ;  $p = 0,015$ ) sur la nuit suivante.

Par contre, l'augmentation du nombre de coupures dans leur temps sédentaire de la fin d'après-midi n'a pas présenté d'effet significatif sur la période glycémique de la nuit suivante.

## 3. Paramètres glycémiques du Déjeuner

Le temps de sédentarité ou le nombre de coupures dans le temps sédentaire du matin n'a pas eu d'effets significatifs sur les paramètres glycémiques en postprandial du déjeuner.

## 4. Paramètres glycémiques du Dîner

Le temps de sédentarité, de même que les coupures dans le temps sédentaire, durant la fin d'après-midi, n'ont pas présenté d'effets significatifs sur les glycémies postprandiales du dîner

## G. Influence de la Glycémie initiale

Dans presque tous les profils étudiés, la glycémie initiale a été un paramètre d'influence significatif. On a retrouvé un coefficient d'estimation positif dans le cas de la prédiction d'une hyperglycémie ou négatif dans le cas de la prédiction d'une hypoglycémie ou de la normoglycémie sur la période d'intérêt. Ceci montre l'importance de prendre en compte et donc d'intégrer la glycémie initiale dans les effets fixes de tous nos modèles.

## H. Influence de l'alimentation

Les glucides totaux ingérés du lever au coucher ont eu tendance à diminuer les hypoglycémies < 54 mg/dL (e - ; p=0,057) sur cette même période.

Les glucides complexes du diner ont eu tendance (e+ ; p=0,073) à augmenter la moyenne glycémique de la nuit et favorisaient l'hyperglycémie nocturne (e+ ; p=0,007).

Les glucides totaux du lever au coucher (e- ; p=0,056) et du diner (e- ; p=0,093) ont eu tendance à diminuer l'importance des hypoglycémies < 54mg/dL respectivement du lever au coucher et de la nuit suivante.

## I. Influence de l'insulinothérapie

Sur la période de la nuit suivante, on a noté que l'insuline totale a diminué la variabilité glycémique (i.e., le coefficient de variation : e - ; p=0,051).

## DISCUSSION

Notre étude a l'originalité d'examiner, pour la première fois dans la littérature à notre connaissance, les effets de l'intensité, de la durée d'activité physique spontanée ainsi que de la sédentarité, sur les risques hypoglycémiques mais aussi hyperglycémiques, en tenant compte des glucides ingérés et de l'insuline administrée dans la vie quotidienne d'enfants et d'adolescent DT1.

Dans notre étude, la première information qui nous interpelle est le non-respect des recommandations internationales de l'OMS en terme d'AP. En effet, seulement 30% des sujets respectent les 60 minutes d'AP en temps MVPA pendant une semaine de vie quotidienne. Pour rappel, les enfants et adolescent de 5 à 17 ans doivent pratiquer au moins 60 minutes par jour d'activité physique d'intensité modérée à soutenue (MVPA), d'une activité aérobie.

Le principal frein à l'AP retrouvé via le questionnaire BAPAD1 chez les enfants et les parents n'est autre que le risque d'hypoglycémie ce qui est en adéquation avec l'étude de Jabbour et al chez les enfants et adolescents (31) et ce qui est également retrouvé chez les adultes (38). Cette barrière inquiète et diminue la pratique du sport dans cette population.

Le profil glycémique du lever au coucher de nos sujets affiche un pourcentage moyen de 50% du temps en normoglycémie, 44% du temps en hyperglycémie et 6% du temps en hypoglycémie. D'après le consensus international de Battelino et al en 2019 (43) pour une population âgée de moins de 25 ans, l'objectif de temps passé entre 70 mg/dL et 180 mg/dL doit être supérieur à 60% du temps pour viser une HbA1c < 7,5%. Ce consensus incite également les patients à atteindre un temps d'hypoglycémie < 70mg/dL moins de 4% du temps et en hyperglycémie > 180mg/dL moins de 25% du temps.

Dans notre étude, sur la période du lever au coucher, 56% de sujets ont une variabilité glycémique considérée comme stable et 44% comme instable (44). Les coefficients de variations sont presque tout < 36% pendant les repas et la nuit suivante. D'après l'étude de Danne et al de 2017 (44), il existe un seuil de 36% évaluant la variabilité glycémique. On parle d'un taux de glucose stable quand le pourcentage de variabilité glycémique est < à 36% et instable s'il est > à 36%. Cette donnée a été

confirmée dans l'étude de Marchand et al de 2018 (45) indiquant qu'un seuil de coefficient de variation à 36% permet d'identifier les patients à risque d'hypoglycémie et ceux présentant une glycémie instable.

L'exercice physique, notamment aérobic, représente également un grand modulateur de la glycémie, puisque la production hépatique de glucose et sa consommation musculaire peuvent alors augmenter jusque 10 fois par rapport aux valeurs basales, selon l'intensité d'exercice (46).

En analysant les résultats liés à l'AP, nous remarquons que le temps **MVPA** du **lever au coucher** augmente la durée en **normoglycémie** et diminue le temps en **hyperglycémie** sur cette même période. Le temps **MVPA** du matin permet, également, une augmentation du temps en **normoglycémie** avec une tendance à la diminution du temps en **hyperglycémie** sur la période glycémique du déjeuner et en post prandial direct. Ces résultats sont cliniquement importants quand on connaît l'impact délétère de l'hyperglycémie chronique (47). En augmentant le temps en normoglycémie et en diminuant le temps en hyperglycémie, la pratique d'une AP d'intensité MVPA pourrait améliorer le respect des recommandations du consensus de Battelino et al de 2019.

On retrouve également une augmentation du coefficient de variabilité glycémique suite à la pratique d'une AP en intensité **MVPA**. Cette donnée est également retrouvée dans l'étude de Scott et al (48). Ces résultats sont particulièrement novateurs puisqu'à l'heure actuelle, les études dans le DT1 ayant intégré des mesures combinées d'activité physique dans la vie quotidienne avec des mesures de glycémie (capteurs de glucose en continu) ne se sont, pour la plupart, intéressées qu'à l'effet de l'activité physique sur les valeurs brutes de glycémie (Maahs et al. 2012 (36) ; Schiel et al. 2011 (49)) ou sur le risque hypoglycémique (Metcalf et al. 2014 (35), Jaggars et al. 2019 (50)). Seuls Heintzman et al. (2016) (37), ont distingué les effets sur différentes plages de glycémies et décrivent une relation entre l'activité physique très intense repérée par cardiofréquence-mètre et l'hyperglycémie, chez 17 participants DT1, sur 72h, mais sans distinction de périodes spécifiques sur ces 72h. Néanmoins, dans notre étude, l'activité intense à très intense repérée par accélérométrie ne prédit pas d'augmentation du temps passé en hyperglycémie dans la journée.

Il s'avère même que le temps de pratique d'une AP **intense à très intense** au cours de la journée diminue la moyenne des glycémies (augmentant alors le temps en

normoglycémie) de **la nuit suivante**, et pour l'AP intense à très intense pratiquée en fin d'après-midi, réduit même l'hyperglycémie de niveau 1 et 2 de la nuit suivante.

Il faut cependant noter que ceci était au détriment du **risque hypoglycémique nocturne**, puisque le temps en hypoglycémie durant la nuit augmente en fonction du temps passé en AP intense à très intense pratiquées dans la journée précédente ou sur la fin d'après-midi.

Il est donc probable que l'activité physique intense ou très intense engendre parfois une hyperglycémie au moment de l'exercice ou de la récupération précoce (cf. les résultats de Heintzman et al 2016 (37) ; Marliiss et Vranic 2002 (51)), mais que les patients ne sont pas ensuite à l'abri d'épisodes hypoglycémiques à la récupération tardive, notamment durant la nuit (cf. nos résultats, les résultats de Rempel et al de 2018 (52) ; de Maran et al de 2010 (53))

Élément important, le temps **MVPA** n'a pas d'influence significative sur le temps en hypoglycémie nocturne de la nuit suivante. Cette dernière donnée n'est pas en accord avec les études de Metcalf et al réalisée en 2014 sur une population de 19 sujets adolescents DT1 (35) et de Jagers et al. sur une population de 10 adolescents DT1 en 2019 (50). En effet, ces dernières retrouvaient un effet significatif sur les hypoglycémies nocturnes suite à la pratique d'un temps d'AP **MVPA** l'après-midi (35) ou dans la journée (50). Cette différence de résultats avec notre étude nous incite à la réalisation d'une analyse multivariée en régression logistique, plus adaptée au type de données représentées par le pourcentage de temps en hypoglycémie, lequel comporte beaucoup de valeurs nulles.

A côté du risque hypoglycémique nocturne qui préoccupe beaucoup les patients et l'entourage, **la gestion du pic hyperglycémique postprandial** est souvent un challenge pour les personnes DT1. Ils doivent estimer au mieux les besoins en insuline rapide en fonction des apports glucidiques à venir (insulinothérapie fonctionnelle) (54). Dans notre étude, nous remarquons, qu'en moyenne, le pourcentage de temps passé en hyperglycémie semble plus élevé en réponse au dîner (les 2h qui suivent le début du dîner), par rapport aux autres périodes étudiées. Il est alors très intéressant de noter que la pratique d'une AP intense à très intense le matin ou en fin d'après-midi est associée à une diminution des excursions hyperglycémiques postprandiales du déjeuner et du dîner, respectivement. Les perspectives cliniques de ce résultat nous semblent prometteuses quand l'on sait que les excursions hyperglycémiques postprandiales représentent, à terme, un facteur de risque indépendant de

complications cardiovasculaires, bien démontré dans le diabète de type 2 (55)(56)(57). Au final, il est important aussi de noter que l'activité physique peut être source de variabilité glycémique : on retrouve une augmentation du coefficient de variation suite à la pratique d'une AP d'intensité **MVPA** sur la journée entière, ou bien sur la matinée avec un impact postprandial au déjeuner suivant. Cette donnée est également retrouvée dans l'étude de Scott et al (48).

Pour le temps de pratique d'une AP **légère** du lever au coucher, nous n'avons pas remarqué d'effets significatifs sur nos périodes glycémiques.

Pour ce qui est de l'impact du temps **sédentaire** du lever au coucher, on retrouve une tendance à la diminution du temps en normoglycémie et une augmentation significative du temps en hyperglycémie sur la même période. Le temps **sédentaire** de la fin d'après diminue le temps en normoglycémie de la nuit suivante. Notre étude est une des rares de la littérature à s'intéresser à l'impact de la sédentarité sur l'équilibre glycémique des personnes avec un DT1 et confirme l'importance de la lutte contre la sédentarité qui est devenue un objectif majeur de santé publique.

L'augmentation du nombre de **coupures dans le temps sédentaire** du lever au coucher permet une tendance à la diminution de la moyenne glycémique nocturne. L'étude de Paing et al de 2019 (58) a étudié cette interaction pour une population de DT2 retrouvant une réduction de l'hyperglycémie du matin à jeun, mais aussi avant le dîner et après le petit déjeuner, ainsi que lors du phénomène de l'aube, suite à l'augmentation du nombre de coupures sédentaires. Nous n'avons pas trouvé d'études prenant en compte l'impact des coupures dans le temps sédentaire sur l'équilibre glycémique dans une population d'enfants DT1.

Dans notre étude, l'analyse de la **glycémie initiale** montre que c'est un paramètre d'influence significatif dans presque tous nos modèles. On retrouve une estimation positive avec une hyperglycémie initiale et une estimation négative pour une hypoglycémie initiale.

L'amélioration de la glycémie basale est un enjeu crucial du traitement. En effet, l'étude de Tanaka et al. (56) dans le DT2 a décrit l'importance d'une régulation de la glycémie basale, en plus de l'intérêt de travailler sur les hyperglycémies post prandiales, pour limiter les complications cardiovasculaires.

La consommation de **glucides complexes** au dîner augmente la moyenne glycémique de la nuit suivante et comme attendu, augmente les temps en hyperglycémie nocturne. Néanmoins, leur consommation permettrait aussi de réduire

l'importance (*cf.* aire sous la courbe compilant l'impact de la durée et de la valeur glycémique) des hypoglycémies de niveau 2 (< 54 mg/dL) nocturnes : une adaptation des glucides complexes du dîner pourrait alors être conseillée pour pallier les risques d'hypoglycémies nocturnes après une AP intense à très intense.

D'après nos résultats, nous pourrions envisager des nouvelles recherches pour l'élaboration de recommandations d'AP adaptée afin d'éviter les épisodes d'hypoglycémies nocturnes.

Cette étude présente un certain nombre de points forts. Premièrement il s'agit de la première étude européenne analysant la variation glycémique avec un capteur de glucose en continu en fonction de l'AP sur une semaine de vie quotidienne complète. Elle représente aussi la 1<sup>ère</sup> étude mondiale à prendre en compte la réduction du risque hyperglycémique par l'activité physique dans la vie quotidienne. Deuxièmement, nous avons contrôlé, dans nos modèles, l'influence de co-variables jouant un rôle majeur dans le métabolisme des glucides, à savoir les glucides ingérés et l'insulinothérapie. La seule étude de la littérature ayant également contrôlé l'influence de l'alimentation et de l'insuline (Maahs et al 2012 (36)) ne s'est intéressée qu'à une période limitée (*i.e.* de 1h avant le 1<sup>er</sup> repas de la journée jusque 4h après ce 1<sup>er</sup> repas) de la vie quotidienne d'adolescents DT1 (n = 30 sur 2 jours) et n'a rapporté que l'impact de l'AP sur les valeurs brutes de glycémie, sans considérer le risque hypo ou hyperglycémique. Troisièmement notre population de 48 sujets est une force comparée aux études précédentes.

Cette étude présente un certain nombre de points faibles. Premièrement nous avons réalisé un test d'aptitude physique sous maximal (PWC 170) pour estimer l'aptitude aérobie des participants, au lieu d'un test d'effort maximal (VO2 max). Or la prise en compte de l'aptitude aérobie des patients dans la régulation glycémique est primordiale : Metcalf et al. ont montré que les adolescents DT1 avec une VO2max plus élevée, pratiquant de l'AP MVPA l'après-midi, avaient un risque accru d'hypoglycémie le jour suivant. D'autres facteurs comme la sensibilité à l'insuline (qui varie notamment avec le % de masse grasse, l'HbA1c), la masse musculaire (le muscle étant un grand consommateur de glucose même au repos), facteurs qui dépendent eux-mêmes de l'âge de l'enfant, pourraient influencer aussi les réponses glycémiques à l'exercice. Ces facteurs seront donc insérés en covariables dans les modèles lors de nos prochaines analyses

## CONCLUSION

Notre étude, basée sur l'observation pendant une semaine complète de l'impact de l'AP sur les excursions glycémique et la variabilité glycémique dans la vie quotidienne d'enfants et adolescents DT1 montre de nombreux résultats. Premièrement, l'AP modérée pratiquée en journée permet de réduire le temps passé en hyperglycémie, et donc d'augmenter celui passé en normoglycémie sur cette même journée. Deuxièmement, la pratique d'une AP intense à très intense a, pour sa part, l'avantage de diminuer les excursions hyperglycémiques postprandiales du déjeuner (pour l'AP du matin) et du dîner (pour l'AP de fin d'après-midi) ainsi que le temps en hyperglycémie sur la nuit suivante. Néanmoins, un effet secondaire non négligeable de cette AP intense à très intense pratiquée dans la journée ou en fin d'après-midi est l'augmentation du temps passé en hypoglycémie sur la nuit suivante. Troisièmement, l'AP en MVPA, faisant partie des recommandations internationales pour l'OMS et l'ADA, permet de diminuer le temps passé en hyperglycémie et d'augmenter le temps en normoglycémie. Cette dernière intensité augmente le coefficient de variabilité mais n'a pas d'impact sur les hypoglycémies nocturnes.

Ces résultats nous incitent à poursuivre les recherches afin de mettre en place des recommandations d'AP adaptées qui pourraient jouer sur une modulation du temps modéré vs. Intense à très intense tout en favorisant la consommation de glucides complexes au dîner afin d'éviter les hypoglycémies nocturnes.

En conclusion, les patients diabétiques nécessitent une prise en charge pluridisciplinaire et l'AP prend une place primordiale dans leur schéma de soins. Entrant dans le cadre de l'ETP il serait primordial d'apporter des recommandations d'AP pour cette population.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Eknoyan G, Nagy J. A history of diabetes mellitus or how a disease of the kidneys evolved into a kidney disease. *Adv Chronic Kidney Dis*. 2005 Apr;12(2):223–9.
2. Henschen F. On the term diabetes in the works of Aretaeus and Galen. *Med Hist*. 1969 Apr;13(2):190–2.
3. Mayer-Davis EJ, Kahkoska AR, Jefferies C, Dabelea D, Balde N, Gong CX, et al. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2018: Definition, epidemiology, and classification of diabetes in children and adolescents. *Pediatr Diabetes*. 2018 Oct;19:7–19.
4. Feldman-Billard S. Prise en charge du diabète et de ses complications oculaires. *Rev Francoph Orthopt*. 2019 Apr;12(2):69–76.
5. Prévalence et incidence du diabète [Internet]. [cited 2021 Apr 28]. Available from: /maladies-et-traumatismes/diabete/prevalence-et-incidence-du-diabete
6. Variation and trends in incidence of childhood diabetes in Europe. *The Lancet*. 2000 Mar;355(9207):873–6.
7. <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/diabete-type-2#:~:text=En%20France%2C%20la%20pr%C3%A9valence%20globale,correspondant%20%C3%A0%2090%25%20des%20cas>.
8. Incidence Trends of Type 1 and Type 2 Diabetes among Youths, 2002–2012. :1.
9. Insel RA, Dunne JL, Atkinson MA, Chiang JL, Dabelea D, Gottlieb PA, et al. Staging Presymptomatic Type 1 Diabetes: A Scientific Statement of JDRF, the Endocrine Society, and the American Diabetes Association. *Diabetes Care*. 2015 Oct;38(10):1964–74.
10. American Diabetes Association. 6. Glycemic Targets: *Standards of Medical Care in Diabetes—2020*. *Diabetes Care*. 2020 Jan;43(Supplement 1):S66–76.
11. Selvin E, Wang D, Matsushita K, Grams ME, Coresh J. Prognostic Implications of Single-Sample Confirmatory Testing for Undiagnosed Diabetes: A Prospective Cohort Study. *Ann Intern Med*. 2018 Aug 7;169(3):156.
12. American Diabetes Association. 2. Classification and Diagnosis of Diabetes: *Standards of Medical Care in Diabetes—2019*. *Diabetes Care*. 2019 Jan;42(Supplement 1):S13–28.
13. DiMeglio LA, Evans-Molina C, Oram RA. Type 1 diabetes. *The Lancet*. 2018 Jun;391(10138):2449–62.
14. Wen CP, Wu X. Stressing harms of physical inactivity to promote exercise. *The Lancet*. 2012 Jul;380(9838):192–3.
15. Organisation mondiale de la santé. *Recommandations mondiales sur l'activité physique pour la santé*. Genève: OMS; 2010.
16. American Diabetes Association. 5. Lifestyle Management: *Standards of Medical Care in Diabetes—2019*. *Diabetes Care*. 2019 Jan;42(Supplement 1):S46–60.
17. Arem H, Moore SC, Patel A, Hartge P, Berrington de Gonzalez A, Visvanathan K, et al. Leisure Time Physical Activity and Mortality: A Detailed Pooled Analysis of the Dose-

- Response Relationship. *JAMA Intern Med.* 2015 Jun 1;175(6):959.
18. Chau JY, Grunseit AC, Chey T, Stamatakis E, Brown WJ, Matthews CE, et al. Daily Sitting Time and All-Cause Mortality: A Meta-Analysis. *Gorlova OY, editor. PLoS ONE.* 2013 Nov 13;8(11):e80000.
  19. Falcinelli P, Bois J, Fabre N, Duclos M, Joseph JP. Étude exploratoire par accélérométrie de l'activité physique et du temps sédentaire de médecins généralistes libéraux du sud-ouest de la France en mars 2019. *Sci Sports.* 2020 Jun;35(3):130–6.
  20. Kraut A, Melamed S, Gofer D, Froom P. Effect of School Age Sports on Leisure Time Physical Activity in Adults: The CORDIS Study. *Med Sci Sports Exerc.* 2003 Dec;35(12):2038–42.
  21. 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 Mar;55(3):542–51.
  22. Iii HWK, Hobbs KE. Development of Physical Activity Behaviors Among Children and Adolescents. :8.
  23. Bauman AE, Reis RS, Sallis JF, Wells JC, Loos RJ, Martin BW. Correlates of physical activity: why are some people physically active and others not? *The Lancet.* 2012 Jul;380(9838):258–71.
  24. The Diabetes Research in Children Network (DirecNet) Study Group. The Effects of Aerobic Exercise on Glucose and Counterregulatory Hormone Concentrations in Children With Type 1 Diabetes. *Diabetes Care.* 2006 Jan 1;29(1):20–5.
  25. Edmunds S, Roche D, Stratton G, Wallymahmed K, Glenn SM. Physical activity and psychological well-being in children with Type 1 diabetes. *Psychol Health Med.* 2007 May;12(3):353–63.
  26. Aljawarneh YM, Wardell DW, Wood GL, Rozmus CL. A Systematic Review of Physical Activity and Exercise on Physiological and Biochemical Outcomes in Children and Adolescents With Type 1 Diabetes. *J Nurs Scholarsh.* 2019 May;51(3):337–45.
  27. Absil H, Baudet L, Robert A, Lysy PA. Benefits of physical activity in children and adolescents with type 1 diabetes: A systematic review. *Diabetes Res Clin Pract.* 2019 Oct;156:107810.
  28. Sarnblad S, Ekelund U, Aman J. Physical activity and energy intake in adolescent girls with Type 1 diabetes. *Diabet Med.* 2005 Jul;22(7):893–9.
  29. Tully C, Aronow L, Mackey E, Streisand R. Physical Activity in Youth With Type 1 Diabetes: a Review. *Curr Diab Rep.* 2016 Sep;16(9):85.
  30. Livny R, Said W, Shilo S, Bar-Yoseph R, Gal S, Levy M, et al. Identifying Sources of Support and Barriers to Physical Activity in Pediatric Type 1 Diabetes. :20.
  31. Jabbour G, Henderson M, Mathieu M-E. Barriers to Active Lifestyles in Children with Type 1 Diabetes. *Can J Diabetes.* 2016 Apr;40(2):170–2.
  32. Cockcroft E. Exercise induced hypoglycaemia in type 1 diabetes. :24.
  33. Riddell MC, Gallen IW, Smart CE, Taplin CE, Adolfsson P, Lumb AN, et al. Exercise management in type 1 diabetes: a consensus statement. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2017 May;5(5):377–90.
  34. Brun J-F, Marti B, Fédou C, Farré A, Renard E, Place J, et al. La baisse de la glycémie à

- l'exercice en plateau chez le diabétique insuliné est déterminée par la glycémie de départ et l'insulinémie. *Sci Sports*. 2012 Apr;27(2):111–4.
35. Metcalf KM, Singhvi A, Tsalikian E, Tansey MJ, Zimmerman MB, Esliger DW, et al. Effects of Moderate-to-Vigorous Intensity Physical Activity on Overnight and Next-Day Hypoglycemia in Active Adolescents With Type 1 Diabetes. *Diabetes Care*. 2014 May;37(5):1272–8.
36. Maahs DM, Mayer-Davis E, Bishop FK, Wang L, Mangan M, McMurray RG. Outpatient Assessment of Determinants of Glucose Excursions in Adolescents with Type 1 Diabetes: Proof of Concept. *Diabetes Technol Ther*. 2012 Aug;14(8):658–64.
37. Heintzman N, Kleinberg S. Using uncertain data from body-worn sensors to gain insight into type 1 diabetes. *J Biomed Inform*. 2016 Oct;63:259–68.
38. Brazeau AS, Mircescu H, Desjardins K, Dubé MC, Weisnagel SJ, Lavoie C, et al. The Barriers to Physical Activity in Type 1 Diabetes (BAPAD-1) scale: Predictive validity and reliability. *Diabetes Metab*. 2012 Apr;38(2):164–70.
39. Migueles JH, Cadenas-Sanchez C, Ekelund U, Delisle Nyström C, Mora-Gonzalez J, Löf M, et al. Accelerometer Data Collection and Processing Criteria to Assess Physical Activity and Other Outcomes: A Systematic Review and Practical Considerations. *Sports Med*. 2017 Sep;47(9):1821–45.
40. Tessier S, Vuillemin A, Briançon S. Propriétés psychométriques d'un questionnaire de mesure de l'activité physique chez l'enfant scolarisé âgé de six à dix ans: QAPE-semaine. *Sci Sports*. 2007 Oct;22(5):224–31.
41. Mahon AD, Marjerrison AD, Lee JD, Woodruff ME, Hanna LE. Evaluating the Prediction of Maximal Heart Rate in Children and Adolescents. *Res Q Exerc Sport*. 2010 Dec;81(4):466–71.
42. Machado FA, Denadai BS. Validade das equações preditivas da frequência cardíaca máxima para crianças e adolescentes. *Arq Bras Cardiol*. 2011 Aug;97(2):136–40.
43. Battelino T, Danne T, Bergenstal RM, Amiel SA, Beck R, Biester T, et al. Clinical Targets for Continuous Glucose Monitoring Data Interpretation: Recommendations From the International Consensus on Time in Range. *Diabetes Care*. 2019 Aug;42(8):1593–603.
44. Danne T, Nimri R, Battelino T, Bergenstal RM, Close KL, DeVries JH, et al. International Consensus on Use of Continuous Glucose Monitoring. *Diabetes Care*. 2017 Dec;40(12):1631–40.
45. Marchand L, Reffet S, Vouillarmet J, Cugnet-Anceau C, Disse E, Thivolet C. The 36% coefficient of variation for glucose proposed for separating stable and labile diabetes is clinically relevant: A continuous glucose monitoring-based study in a large population of type 1 diabetes patients. *Diabetes Metab*. 2019 Dec;45(6):598–600.
46. Turksoy K, Paulino TML, Zaharieva DP, Yavelberg L, Jamnik V, Riddell MC, et al. Classification of Physical Activity: Information to Artificial Pancreas Control Systems in Real Time. *J Diabetes Sci Technol*. 2015 Nov;9(6):1200–7.
47. Jamiołkowska M, Jamiołkowska I, Łuczyński W, Tołwińska J, Bossowski A, Głowińska Olszewska B. Impact of Real-Time Continuous Glucose Monitoring Use on Glucose Variability and Endothelial Function in Adolescents with Type 1 Diabetes: New Technology—New Possibility to Decrease Cardiovascular Risk? *J Diabetes Res*. 2016;2016:1–8.

48. Scott SN, Fontana FY, Cocks M, Morton JP, Jeukendrup A, Dragulin R, et al. Post-exercise recovery for the endurance athlete with type 1 diabetes: a consensus statement. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2021 May;9(5):304–17.
49. Schiel R, Thomas A, Kaps A, Bieber G. An Innovative Telemedical Support System to Measure Physical Activity in Children and Adolescents with Type 1 Diabetes Mellitus. *Exp Clin Endocrinol Diabetes.* 2011 Apr 6;119(09):565–8.
50. 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 Technol Ther.* 2019 Jul;21(7):406–8.
51. Marliss EB, Vranic M. Intense Exercise Has Unique Effects on Both Insulin Release and Its Roles in Glucoregulation: Implications for Diabetes. *Diabetes.* 2002 Feb 1;51(Supplement 1):S271–83.
52. Rempel M, Yardley JE, MacIntosh A, Hay JL, Bouchard D, Cornish S, et al. Vigorous Intervals and Hypoglycemia in Type 1 Diabetes: A Randomized Cross Over Trial. *Sci Rep.* 2018 Dec;8(1):15879.
53. Maran A, Pavan P, Bonsembiante B, Brugin E, Ermolao A, Avogaro A, et al. Continuous Glucose Monitoring Reveals Delayed Nocturnal Hypoglycemia After Intermittent High-Intensity Exercise in Nontrained Patients with Type 1 Diabetes. *Diabetes Technol Ther.* 2010 Oct;12(10):763–8.
54. Boland E, Monsod T, Delucia M, Brandt CA, Fernando S, Tamborlane WV. Limitations of Conventional Methods of Self-Monitoring of Blood Glucose: Lessons learned from 3 days of continuous glucose sensing in pediatric patients with type 1 diabetes. *Diabetes Care.* 2001 Nov 1;24(11):1858–62.
55. Livesey G, Taylor R, Hulshof T, Howlett J. Glycemic response and health—a systematic review and meta-analysis: relations between dietary glycemic properties and health outcomes1–5. 2018;11.
56. Tanaka M. Relationship between Fasting and 2-hour Postprandial Plasma Glucose Levels and Vascular Complications in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. :9.
57. Haffner SM. Can reducing peaks prevent type 2 diabetes: implication from recent diabetes prevention trials. *Int J Clin Pract Suppl.* 2002 Jul;(129):33–9.
58. Paing AC, McMillan KA, Kirk AF, Collier A, Hewitt A. Dose–response between frequency of interruption of sedentary time and fasting glucose, the dawn phenomenon and night-time glucose in Type 2 diabetes. :13.

# ANNEXES

## Annexe 1 : Échelle BAPAD enfants

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_  
 Entretien EMS n°1 Dossier Enfant Questionnaire sur les barrières à l'AP

### Echelle BAPAD 1

Pour chaque énoncé, tu as le choix entre 7 réponses. Il te suffit d'entourer le numéro qui correspond le mieux à ton opinion.

Est-ce que tu penses que les facteurs suivants pourraient te décourager à pratiquer régulièrement une ou des activités physiques au cours des 6 prochains mois :

	Extrêmement improbable	Très improbable	Légèrement improbable	Ni probable Ni improbable	Légèrement probable	Très probable	Extrêmement probable
1. La perte de contrôle de ton diabète.	1	2	3	4	5	6	7
2. Le risque d'hypoglycémie.	1	2	3	4	5	6	7
3. La peur d'être fatigué.	1	2	3	4	5	6	7
4. La peur de te blesser.	1	2	3	4	5	6	7
5- La peur d'avoir un malaise cardiaque	1	2	3	4	5	6	7
6. Ta mauvaise condition physique.	1	2	3	4	5	6	7
7. Le fait d'être diabétique.	1	2	3	4	5	6	7
8. Le risque d'hyperglycémie	1	2	3	4	5	6	7
9. Ton état de santé physique (excluant le diabète)	1	2	3	4	5	6	7
10. La température extérieure.	1	2	3	4	5	6	7
11. Le fait que les centres sportifs soient loin.	1	2	3	4	5	6	7
12. Ton emploi du temps scolaire	1	2	3	4	5	6	7

Pour chaque énoncé, tu as le choix entre 5 réponses. Il te suffit d'entourer le numéro qui correspond le mieux à ton opinion.

## Annexe 2 : Échelle BAPAD parents

Identifiant enfant : \_\_\_\_\_

Date de remplissage : \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

### Questionnaire sur les barrières à l'activité physique pour les parents de l'enfant (Adaptation du BAPAD1)

Pour chaque énoncé, vous avez à choisir entre sept (7) réponses. Il vous suffit d'encerclez le numéro qui correspond le mieux à votre opinion.

Est-ce que vous considérez que les facteurs suivants pourraient vous décourager de faire pratiquer régulièrement une ou des activités physiques à votre enfant au cours des prochains 6 mois:

	Extrêmement improbable	Très improbable	Légèrement improbable	Ni probable Ni improbable	Légèrement probable	Très probable	Extrêmement probable
1-La perte de contrôle de son diabète	1	2	3	4	5	6	7
2-Le risque d'hypoglycémie	1	2	3	4	5	6	7
3-La peur qu'il soit fatigué	1	2	3	4	5	6	7
4- La peur qu'il se blesse	1	2	3	4	5	6	7
5-La peur qu'il fasse un infarctus	1	2	3	4	5	6	7
6-Sa mauvaise condition physique	1	2	3	4	5	6	7
7-Le fait qu'il soit diabétique	1	2	3	4	5	6	7
8-Le risque d'hyperglycémie	1	2	3	4	5	6	7
9-Son état de santé physique excluant le diabète	1	2	3	4	5	6	7
10-La température extérieure	1	2	3	4	5	6	7
11-La proximité des centres sportifs	1	2	3	4	5	6	7
12- Son emploi du temps scolaire	1	2	3	4	5	6	7

## Annexe 3 : Semainier alimentaire

Nom : _____ Prénom : _____		PROTOCOLE ETP Capteur/Accéléromètre Pompe à insuline			
<b>Jour Pose de capteur :</b>			<b>Date :</b>		
Débits de base habituels	De ____ à ____ : ____	De ____ à ____ : ____	De ____ à ____ : ____	De ____ à ____ : ____	De ____ à ____ : ____
	 De ____ à ____ : ____	De ____ à ____ : ____	De ____ à ____ : ____	De ____ à ____ : ____	De ____ à ____ : ____
Glycémie capillaire 1h après pose du CGMS:		Glycémie capillaire 3h après pose du CGMS:		Glycémie capillaire au coucher:	
Heure exacte de la mesure: __ h __ min		Heure exacte de la mesure: __ h __ min		Heure exacte de la mesure: __ h __ min	
Valeur de la glycémie capillaire: _____ g/L		Valeur de la glycémie capillaire: _____ g/L		Valeur de la glycémie capillaire: _____ g/L	

**Rappels :**

- indiquer l'heure à la minute près : prendre l'heure toujours sur la même montre ou le même glucomètre remis à l'heure lors de la 1<sup>ère</sup> séance
- se laver les mains avec du savon avant de faire ses glycémies

**Informations sur l'accéléromètre****Qu'est-ce qu'un accéléromètre ?**

C'est un appareil électronique qui va permettre de mesurer ton activité physique. En fait, il est sensible aux accélérations de ton corps vers le haut et vers le bas. Par exemple, si tu marches il va repérer des accélérations et si tu cours il repérera des accélérations encore plus importantes.

**Mode d'emploi**

- 1- L'accéléromètre doit se mettre autour de la taille comme sur la figure ci-dessus.
- 2- **Ne jamais mettre l'accéléromètre en contact avec l'eau (pour la natation, la douche...enlève l'accéléromètre et remets le juste après en sortant de l'eau)** 
- 3- L'accéléromètre se porte sur **7 jours dès ton réveil**, toute la journée jusqu'au coucher. Tu peux te lever et te coucher à l'heure que tu veux ! Tu dois le mettre dès que tu te lèves le matin et l'enlever dès que tu te couches le soir. Nous te dirons à partir de quel jour tu dois commencer à le porter.
- 4- N'oublies pas de mettre l'accéléromètre le matin **dès ton réveil**.

## Comment remplir les données alimentation ?



Ton semainier est un livre où tu vas noter, à l'aide de tes parents, tout ce que tu as mangé et bu pendant toute une semaine. Pour ne pas oublier, je te conseille de remplir ton semainier après chaque repas, et à chaque fois que tu manges quelque chose dans la journée ou la nuit, que ce soit lors d'un goûter ou d'un resucrage suite à une hypoglycémie.

Notez tout ce que l'enfant a mangé et bu tout au long de chaque journée pendant une semaine : **repas, goûter...** sans oublier **les resucrages suite aux hypoglycémies et les grignotages** (sucres en morceaux, compote, bonbons, chocolat, fruits...) ainsi que **les boissons**.

Vous pourrez noter toutes ces informations dans les tableaux qui suivent (1 page par jour).

### N'oubliez pas de noter :

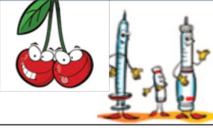
- la nature exacte du produit (lait écrémé ou lait demi écrémé)
- la marque du produit
- la quantité du produit (en portion, en gramme, en volume : assiette, cuil. à soupe ou à café, tasse, bol, tranche, verre)
- le mode de cuisson (vapeur, rôti, au four, bouilli, frit)
- le type de graisses utilisées (beurre, margarine, type d'huile : tournesol, olive, colza...)

**Pour le petit-déjeuner et les collations, indiquez :**

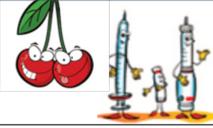
<b>TYPE D'ALIMENTS</b>	<b>NATURE</b>	<b>QUANTITE</b>
<b>LAIT</b>	écrémé, entier, demi-écrémé	en bol, en tasse ou en verre
<b>CACAO en poudre</b>		en cuillère à café ou à soupe
<b>SUCRE</b>		nombre de morceaux ou de cuillères à café ou à soupe
<b>PAIN</b>	ordinaire, de mie...	nombre de tartines longueur de baguette
<b>BEURRE MARGARINE</b>	ordinaire ou allégé	= environ 1 carré emballé du commerce (10g), ou ½ ; ou 2 etc...
<b>CONFITURE NUTELLA MIEL</b>		nombre de cuillères à café
<b>CEREALES</b>	corn flakes, miel pops, chocos...	quantité par rapport au bol (un demi-bol, un bol...)
<b>BISCUITS</b>	casse-croûte, BN fourré, biscuits divers	nombre
<b>VIENNOISERIES</b>	pain choco, brioche, crois-sant...	nombre
<b>JUS DE FRUITS BOISSONS SUCREES</b>	frais, en conserve, 100% jus de fruits	un verre à moutarde, un grand verre
<b>BONBONS</b>	barres type Mars bonbons divers	nombre et/ou poids
<b>BISCUITS SALES</b>	biscuits apéritifs chips	quantité par rapport au poids du paquet
<b>PATISSERIES</b>	Type de gateau, éventuellement les ingrédients	quantité par rapport au gâteau (1/4, 1/6, 1/8)

**Pour les repas principaux, indiquez :**

<b>TYPE D'ALIMENT</b>	<b>NATURE</b>	<b>QUANTITE</b>
<b>VIANDES, VOLAILLES POISSONS</b>	bœuf, porc, veau, cuisse de poulet frais ou panés	en tranche de rôti, en steak ou en escalope en filet ou en nombre de croquettes
<p>PRECISEZ si les viandes ont été <b>grillées sans matière grasse, rôties ou poêlées avec matière grasse, cuisinées en sauce</b></p> <p>si les poissons ont été pochés au <b>court-bouillon</b>, ou frits à la poêle à <b>l'huile</b></p> <p>s'il y a eu des cuillères à soupe de <b>sauce ajoutées</b> dans l'assiette</p>		
<b>OEUFS</b>	durs, à la coque, au plat, en omelette	nombre
<b>FECULENTS</b>	pommes de terre frites, croquettes, purée, pâtes, riz, semoule	nombre de pommes de terre de la taille d'un œuf nombre nombre de cuillères à soupe
<b>PRECISEZ s'il y a eu du beurre ou de la margarine ajoutée dans l'assiette.</b>		
<b>LEGUMES</b>	crudités légumes cuits	en cuillères à soupe
<p>PRECISEZ</p> <p>- la <b>quantité de vinaigrette ou de mayonnaise</b> en cuillères à café ou à soupe ;</p> <p>- si les légumes ont été <b>additionnés</b> de beurre, margarine ou crème fraîche</p>		
<b>FRUITS</b>	variété compote	nombre poids ou nombre de cuillères à soupe
<b>FROMAGE</b>	variété	en portion par rapport au fromage entier en nombre de tranches
<b>LAITAGES</b>	yaourt, petits suisses, fromage blanc, etc nature, aromatisé, aux fruits, etc PRECISEZ: la marque, la variété, le parfum, ou le pourcentage de matières grasses, voire le poids	nombre de pots et poids d'un pot ou nombre de cuillères à soupe

Jour 1 : ..... : Date : ..... Alimentation		Nom : _____ Prénom : _____
	<b>Aliments et boissons</b> : nature (description, marque), quantité (portion, récipient, nombre, poids)	Ne rien inscrire dans cette colonne
<b>Petit déjeuner</b> (aliments et boissons) Valeur Bolus d'insuline : ___ Heure du Bolus : ___	Heure : _____ _____ _____	
<b>Collation dans la matinée</b> (aliments et boissons) Si bolus d'insuline, indiquer la valeur : ___ L'heure : ___	Heure : _____ _____ _____	
<b>Déjeuner</b> (aliments et boissons) Valeur Bolus d'insuline : ___ Heure du Bolus : ___  Matières Grasses : cuissons et assaisonnements	Heure : _____ _____ _____ _____ _____	
<b>Goûter</b> (aliments et boissons) Si bolus d'insuline, indiquer la valeur : ___ L'heure : ___	Heure : _____ _____ _____	
<b>Collation dans l'après-midi</b> (aliments et boissons) Si bolus d'insuline, indiquer la valeur : ___ L'heure : ___	Heure : _____ _____ _____	
<b>Dîner</b> (aliments et boissons) Valeur Bolus d'insuline : ___ Heure du Bolus : ___  Matières Grasses : cuissons et assaisonnements	Heure : _____ _____ _____ _____	
<b>Collation dans la soirée</b> (aliments et boissons) Si bolus d'insuline, indiquer la valeur : ___ L'heure : ___	Heure : _____ _____ _____	
<b>Collation dans la nuit</b> (aliments et boissons) Si bolus d'insuline, indiquer la valeur : ___ L'heure : ___	Heure : _____ _____	
<b>Resucrage</b> à tout moment de la journée, en cas d' <b>hypoglycémie</b> (aliments et boissons)  Heure à la min près	Glycémie :    Heure :    Collation: Glycémie:    Heure :    Collation: Glycémie:    Heure :    Collation: Glycémie:    Heure :    Collation: Glycémie:    Heure :    Collation:	



Jour 1 : ..... : Date : ..... Alimentation		Nom : _____ Prénom : _____
	<b>Aliments et boissons</b> : nature (description, marque), quantité (portion, récipient, nombre, poids)	Ne rien inscrire dans cette colonne
<b>Petit déjeuner</b> (aliments et boissons) Valeur Bolus d'insuline : ___ Heure du Bolus : ___	Heure : _____ _____ _____	
<b>Collation dans la matinée</b> (aliments et boissons) Si bolus d'insuline, indiquer la valeur : ___ L'heure : ___	Heure : _____ _____ _____	
<b>Déjeuner</b> (aliments et boissons) Valeur Bolus d'insuline : ___ Heure du Bolus : ___  Matières Grasses : cuissons et assaisonnements	Heure : _____ _____ _____ _____ _____	
<b>Goûter</b> (aliments et boissons) Si bolus d'insuline, indiquer la valeur : ___ L'heure : ___	Heure : _____ _____ _____	
<b>Collation dans l'après-midi</b> (aliments et boissons) Si bolus d'insuline, indiquer la valeur : ___ L'heure : ___	Heure : _____ _____ _____	
<b>Dîner</b> (aliments et boissons) Valeur Bolus d'insuline : ___ Heure du Bolus : ___  Matières Grasses : cuissons et assaisonnements	Heure : _____ _____ _____ _____	
<b>Collation dans la soirée</b> (aliments et boissons) Si bolus d'insuline, indiquer la valeur : ___ L'heure : ___	Heure : _____ _____ _____	
<b>Collation dans la nuit</b> (aliments et boissons) Si bolus d'insuline, indiquer la valeur : ___ L'heure : ___	Heure : _____ _____	
<b>Resucrage</b> à tout moment de la journée, en cas d' <b>hypoglycémie</b> (aliments et boissons)  Heure à la min près	Glycémie :    Heure :    Collation: Glycémie:    Heure :    Collation: Glycémie:    Heure :    Collation: Glycémie:    Heure :    Collation: Glycémie:    Heure :    Collation:	

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_

**Jour 1 : ..... Auto-surveillance glycémique - Exercice**

Les heures doivent être notées à la minute près (noter l'heure du glucomètre)

	Petit-déj	Matin 	Repas du Midi	Après midi 	Diner	Soir et nuit 
<b>Glycémie capillaire</b> 	Heure : _____ Valeur : _____	Autres glycémies dans la matinée : Heure : _____ Valeur : _____ Si Rajout d'insuline Nb unités : _____  _____ Heure : _____ Valeur : _____ Si Rajout d'insuline Nb unités : _____  _____	Heure : _____ Valeur : _____	Autres glycémies dans l'après midi Heure : _____ Valeur : _____ Si Rajout d'insuline Nb unités : _____  _____ Heure : _____ Valeur : _____ Si Rajout d'insuline Nb unités : _____  _____	Heure : _____ Valeur : _____	Autre glycémie dans la soirée Heure : _____ Valeur : _____ Si Rajout d'insuline Nb unités : _____  _____
<b>Injection d'insuline lente</b> 	Heure : _____ Dose : _____		Heure : _____ Dose : _____		Heure : _____ Dose : _____	
<b>Bandelettes urinaires (si réalisées)</b>	Glucosurie : _____ Cétonurie : _____	Heure : _____ Glucosurie : _____ Cétonurie : _____	Glucosurie : _____ Cétonurie : _____	Heure : _____ Glucosurie : _____ Cétonurie : _____	Glucosurie : _____ Cétonurie : _____	
<b>Accéléromètre</b>	Mis au réveil <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non Heure de la pose : ..... 				Enlevé au coucher : <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non Heure de retrait : .....	
<b>Activité physique pour se déplacer</b> (notes ici si tu as fait du vélo, de la marche à pied, du roller, etc pour te déplacer)		Nom de l'activité : _____ _____ Heure : _____ Durée (min) : _____ Intensité : Léger <input type="checkbox"/> Modéré <input type="checkbox"/> Intense <input type="checkbox"/> Nom de l'activité : _____ _____ Heure : _____ Durées (min) : _____ Intensité : Léger <input type="checkbox"/> Modéré <input type="checkbox"/> Intense <input type="checkbox"/>		Nom de l'activité : _____ _____ Heure : _____ Durée (min) : _____ Intensité : Léger <input type="checkbox"/> Modéré <input type="checkbox"/> Intense <input type="checkbox"/> Nom de l'activité : _____ _____ Heure : _____ Durées (min) : _____ Intensité : Léger <input type="checkbox"/> Modéré <input type="checkbox"/> Intense <input type="checkbox"/>		Nom de l'activité : _____ _____ Heure : _____ Durée (min) : _____ Intensité : Léger <input type="checkbox"/> Modéré <input type="checkbox"/> Intense <input type="checkbox"/>
<b>Activités physiques et sportives (Club, EPS, Loisir à la maison....)</b> 		Nom de l'activité : _____ _____ Début : Heure : _____ Glycémie : _____ Fin : Heure : _____ Glycémie : _____ Intensité : Léger <input type="checkbox"/> Modéré <input type="checkbox"/> Intense <input type="checkbox"/> Nom de l'activité : _____ _____ Début : Heure : _____ Glycémie : _____ Fin : Heure : _____ Glycémie : _____ Intensité : Léger <input type="checkbox"/> Modéré <input type="checkbox"/> Intense <input type="checkbox"/>		Nom de l'activité : _____ _____ Début : Heure : _____ Glycémie : _____ Fin : Heure : _____ Glycémie : _____ Intensité : Léger <input type="checkbox"/> Modéré <input type="checkbox"/> Intense <input type="checkbox"/> Nom de l'activité : _____ _____ Début : Heure : _____ Glycémie : _____ Fin : Heure : _____ Glycémie : _____ Intensité : Léger <input type="checkbox"/> Modéré <input type="checkbox"/> Intense <input type="checkbox"/>		Nom de l'activité : _____ _____ Début : Heure : _____ Glycémie : _____ Fin : Heure : _____ Glycémie : _____ Intensité : Léger <input type="checkbox"/> Modéré <input type="checkbox"/> Intense <input type="checkbox"/>
<b>Observations prise de médicaments..</b>						

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_  
 Entretien EMS n°1 Dossier Enfant-Adolescent Questionnaire sur le niveau d'AP

## A REMPLIR AVEC L'EMS

### Questionnaire d'activité physique (semaine)

**Nous souhaitons connaître l'activité physique  
que tu as faite la semaine dernière.**

- Cela concerne les sports, les jeux ou toutes les activités qui t'ont fait transpirer ou mal aux jambes, ou respirer plus difficilement.
- Ces activités peuvent être par exemple : courir, sauter, jouer au football, ou faire du judo, de la gymnastique...
- Réponds à toutes les questions le plus honnêtement et le plus précisément possible, c'est très important.
- Souviens-toi : Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse. Ce n'est pas un test.

#### ① Tes activités physiques à l'école la semaine dernière

**?** La semaine dernière, comment es-tu allé(e) et revenu(e) de l'école ?

- ☞ Mets une croix dans la (ou les) case(s) qui correspond(ent).
- ☞ Tu peux mettre une croix dans plusieurs cases pour un même jour.

	A pied	A vélo, en trottinette ou roller	En voiture, bus, tramway, ou train
Lundi			
Mardi			
Jeudi			
Vendredi			
Samedi			

**?** La semaine dernière, à combien de cours de sport à l'école (Education Physique et Sportive - EPS -) as-tu participé ?

- à 0 cours
- à 1 cours
- à 2 cours
- à 3 cours
- à 4 cours

Si tu as participé à au moins un cours, as-tu été **très actif** (ou **très active**) ? (exemple : jouer au football, courir, sauter, lancer) ? ☞ Mets une croix dans une seule case.

J'ai été très actif (très active) :

- à 0 cours
- à 1 cours
- à 2 cours
- à 3 cours
- à 4 cours

**?** La semaine dernière, qu'as-tu fait la plupart du temps pendant les récréations ?

- ☞ Mets une croix dans une seule case.
- J'étais assis(e), j'ai parlé, j'ai lu, j'ai fait mes devoirs, ou j'ai marché
- J'ai couru ou joué un petit peu
- J'ai couru ou joué tout le temps

Version du 29 août 2005

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_  
 Entretien EMS n°1 Dossier Enfant-Adolescent Questionnaire sur le niveau d'AP

**② Tes activités physiques et sportives la semaine dernière, en dehors de l'école**

**? La semaine dernière, pendant ton temps libre (en dehors de l'école), as-tu pratiqué une activité ?**

- **Si tu as pratiqué** cette activité la semaine dernière, coche la (ou les) case(s) correspondant au(x) jour(s) où tu l'as pratiquée.
- **Si tu n'as pas pratiqué** cette activité la semaine dernière, mets une croix dans la case «NON».
- **Quand plusieurs activités sont citées sur la même ligne**, entoure celle que tu pratiques le plus. Par exemple : Boxe / Kick boxing / Lutte

 **Sports collectifs**

	OUI (en dehors de l'école)							NON
	lundi dernier	mardi dernier	mercredi dernier	jeudi dernier	vendredi dernier	samedi dernier	dimanche dernier	
Football								
Basket								
Rugby								
Handball								
Volley Ball								

 **Sports de raquettes**

	OUI (en dehors de l'école)							NON
	lundi dernier	mardi dernier	mercredi dernier	jeudi dernier	vendredi dernier	samedi dernier	dimanche dernier	
Tennis								
Tennis de table / Ping-pong *								
Badminton / Squash *								

\* entoure l'activité que tu pratiques le plus

 **Sports de neige ou glace**

	OUI (en dehors de l'école)							NON
	lundi dernier	mardi dernier	mercredi dernier	jeudi dernier	vendredi dernier	samedi dernier	dimanche dernier	
Ski / Snowboard *								
Patins à glace (Artistique, Hockey) *								

\* entoure l'activité que tu pratiques le plus

 **Sports d'eau**

	OUI (en dehors de l'école)							NON
	lundi dernier	mardi dernier	mercredi dernier	jeudi dernier	vendredi dernier	samedi dernier	dimanche dernier	
Natation / Baignade *								
Voile / Planche à voile *								
Ski nautique / Surf *								
Aviron / Canoë kayak *								

\* entoure l'activité que tu pratiques le plus

 **Sports de combat**

	OUI (en dehors de l'école)							NON
	lundi dernier	mardi dernier	mercredi dernier	jeudi dernier	vendredi dernier	samedi dernier	dimanche dernier	
Judo / Kendo / Karaté / Aïkido / Taekwondo *								
Boxe / Kick boxing / Lutte *								
Escrime								

\* entoure l'activité que tu pratiques le plus

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_  
 Entretien EMS n°1 Dossier Enfant-Adolescent Questionnaire sur le niveau d'AP



**Athlétisme, gymnastique**

	OUI (en dehors de l'école)							NON
	lundi dernier	mardi dernier	mercredi dernier	jeudi dernier	vendredi dernier	samedi dernier	dimanche dernier	
Athlétisme (Course à pied, Lancer, Saut) *								
Gymnastique (Artistique, Rythmique) / Tumbling *								
Danse / Hip-Hop / Claquettes *								

\* entoure l'activité que tu pratiques le plus



**Activités de plein-air**

	OUI (en dehors de l'école)							NON
	lundi dernier	mardi dernier	mercredi dernier	jeudi dernier	vendredi dernier	samedi dernier	dimanche dernier	
Marche / Promenade (hors trajet pour l'école) *								
Course d'orientation / Randonnée pédestre *								
Escalade / Spéléologie / Alpinisme / Acrobranche *								
Golf								
Equitation								
Jeux d'extérieur (Jeux de ballon, au chat...)								
Pêche								

\* entoure l'activité que tu pratiques le plus



**Roues et roulettes**

	OUI (en dehors de l'école)							NON
	lundi dernier	mardi dernier	mercredi dernier	jeudi dernier	vendredi dernier	samedi dernier	dimanche dernier	
Vélo (hors trajet pour l'école)								
Roller / Skate board / Trotinette *								
Moto / Karting *								

\* entoure l'activité que tu pratiques le plus



**Sports de précision**

	OUI (en dehors de l'école)							NON
	lundi dernier	mardi dernier	mercredi dernier	jeudi dernier	vendredi dernier	samedi dernier	dimanche dernier	
Boules / Billard / Bowling / Quilles *								
Tir à l'arc / Arbalète / Pistolet / Carabine *								

\* entoure l'activité que tu pratiques le plus

**?** Si des activités que tu as pratiquées la semaine dernière ne sont pas dans la liste, tu peux les ajouter dans les cases ci-dessous. Ne pas noter les activités comme lire, regarder la télévision, jouer aux jeux vidéos...

Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_  
 Entretien EMS n°1 Dossier Enfant-Adolescent Questionnaire sur le niveau d'AP

### ③ Tes autres activités de la semaine dernière

**?** La semaine dernière, quand tu as pratiqué tes activités physiques et sportives **en dehors de l'école**, tu as été : ➔ Mets une seule croix pour chaque jour de la semaine.

	Pas du tout actif	Un peu actif	Très actif (transpiration, eu mal aux jambes...)
Lundi			
Mardi			
Mercredi			
Jeudi			
Vendredi			
Samedi			
Dimanche			

**?** La semaine dernière, t'es-tu déplacé(e) (pour aller voir des amis, faire des courses...) **en dehors des trajets pour l'école** ?  Oui  Non  
 Si oui, comment ? ➔ Mets une croix dans la (ou les) case(s) qui correspond(ent).  
 ➔ Tu peux mettre une croix dans plusieurs cases pour un même jour.

	A pied	A vélo, en trottinette ou roller	En voiture, bus, tramway, ou train
Lundi			
Mardi			
Mercredi			
Jeudi			
Vendredi			
Samedi			
Dimanche			

**?** La semaine dernière, as-tu passé du temps devant un écran (télévision, cinéma, DVD, cassette VHS, ordinateur ou jeux vidéos) ?  Oui  Non  
 Si oui, quand ? ➔ Mets une croix dans la (ou les) case(s) qui correspond(ent).  
 ➔ Tu peux mettre une croix dans plusieurs cases pour un même jour.

	Matin	A midi	Après-midi	Soir
Lundi				
Mardi				
Mercredi				
Jeudi				
Vendredi				
Samedi				
Dimanche				

**?** La semaine dernière, est-ce que quelque chose t'a empêché de faire tes activités physiques habituelles ?  
 Oui : Précise quoi .....  
 Non

© Ecole de Santé Publique - EA 3444 - UHP Nancy 1 - 2<sup>e</sup> trimestre 2005

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_  
*Entretien EMS n°1 Dossier Enfant-Adolescent Questionnaire sur le niveau d'AP*

## **Questions complémentaires (questions à poser par l'EMS)**

### **Activités physiques pendant l'année scolaire en cours**

(pour chaque, préciser le nombre d'heures par semaine, et l'intensité : léger/moyen/haute en se référant à l'essoufflement, sueur...)

- **A l'école :**

EPS:

Récréation :

Autre (UNSS... ) ?

- **En dehors de l'école :** (Détailler pour chaque sport le nb d'h/sem et l'intensité, préciser si compétitions ou non et son niveau (compétition/ nationale, régionale) ainsi que le nombre de compétitions sur les 12 mois)

❖ **Club ou Associations sportives**

❖ **A la maison :** - pendant la semaine :

- le week end :

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_

*Entretien EMS n°1 Dossier Enfant-Adolescent Questionnaire sur le niveau d'AP*

❖ **Vacances :**

- Petites vacances scolaires :

- Grandes vacances :

**Sommeil :**

- Nb h/nuit pendant la semaine:
- Nb h/nuit pendant le we :
- Siestes le we ?

**Activités physiques antérieures en club ou assoc. sportives (depuis la naissance) :**

<i><u>Nom de l'activité</u></i>	<i>Nb d'années</i>	<i>Nombre de mois par an</i>	<i>Nombre de fois par semaine sur</i>	<i>Nombre d'heures par séances</i>	<i>Intensité (subjective)</i>	<i>Compétitions (Oui/Non ; si Oui h/sem, niveau et nb d'années)</i>

**AUTEUR : Alexis COQUART**

**Date de soutenance : 20 Mai 2021 à 18 heures**

**Titre de la thèse :** Impact de l'activité physique sur les variations glycémiques, dans la vie quotidienne, chez l'enfant présentant un diabète de type 1.

**Thèse - Médecine - Lille 2021**

**Cadre de classement : Médecine Générale**

**DES + Spécialité : Médecin Générale**

**Mots-clés : Activité physique, diabète type 1, enfant.**

## **RÉSUMÉ**

**Introduction :** L'activité physique fait partie intégrante du schéma thérapeutique des patients diabétiques. Source d'inquiétude face au risque hypoglycémique, ce dernier devient un frein à sa pratique. Notre étude a pour objectif d'évaluer l'impact de l'activité physique sur les variations glycémiques, dans la vie quotidienne, chez l'enfant présentant un diabète de type 1.

**Matériel et méthodes :** Il s'agit d'une étude observationnelle de terrain basée sur la prise en compte de la glycémie par capteur de glucose sous cutané CGM, de l'activité physique par un accéléromètre et des habitudes en matière d'insulinothérapie et d'alimentation sur une semaine entière.

**Résultats :** Le temps de pratique d'activité physique modérée à intense (MVPA) a augmenté le temps passé en normoglycémie ( $p=0,015$ ) et a diminué le temps passé en hyperglycémie ( $p=0,01$ ) pendant la journée. Le temps passé en MVPA a présenté une tendance à l'augmentation du coefficient de variation glycémique ( $p=0,093$ ) mais n'a pas eu d'effet sur les glycémies nocturnes. Néanmoins on a remarqué que le temps de pratique d'une AP « intense à très intense » a diminué les moyennes glycémiques de la nuit suivante ( $p=0,034$ ) et a augmenté le temps en hypoglycémie nocturne ( $p=0,019$ ). La sédentarité pendant la journée a présenté une tendance à la diminution du temps en normoglycémie ( $p=0,055$ ) et une augmentation significative du temps en hyperglycémie ( $p=0,025$ ) sur la même période. De plus on a remarqué que l'augmentation des coupures dans le temps sédentaire a présenté une tendance à la diminution des moyennes glycémiques nocturnes ( $p=0,095$ ).

**Conclusion :** Notre étude montre que l'AP MVPA et modérée de la journée réduit le temps en hyperglycémie et augmente celui en normoglycémie. L'AP intense à très intense de la journée augmente le temps en hypoglycémie sur la nuit suivante. Ces résultats nous incitent à poursuivre les recherches afin de mettre en place des recommandations individualisés d'adaptation de l'insuline, de l'alimentation ou même de l'intensité de l'AP afin de réduire les périodes hypoglycémique ou hyperglycémique de cette population.

## **Composition du Jury :**

**Président :** Monsieur le Professeur Pierre FONTAINE

**Asseseurs :** Monsieur le Professeur Julien GIRARD

Monsieur le Professeur Marc BAYEN

**Directeur de thèse :** Madame le Docteur Elsa HEYMAN