

ANNÉE 2011

N°

**THÈSE**  
**pour le**  
**DIPLÔME D'ÉTAT**  
**DE DOCTEUR EN PHARMACIE**  
**par**  
**Marie GAUTIER**

*Présentée et soutenue publiquement le 14 novembre 2011*

**Le diabète de type 1 chez l'enfant et  
l'adolescent : conseils à l'officine**

**Président :** Mr PINEAU Alain, Professeur de Toxicologie  
**Membres du jury :** Mme BOBIN-DUBIGEON, Maître de Conférences de  
Pharmacologie  
Mr QUANCARD Olivier, Pharmacien

# Table des matières

Introduction .....	6
<b>1<sup>ère</sup> PARTIE : GÉNÉRALITÉS SUR LE DIABÈTE DE TYPE 1 .....</b>	<b>7</b>
I - Définition .....	8
<b>A- Définition du diabète .....</b>	<b>8</b>
<b>B- Définition du diabète de type 1 .....</b>	<b>9</b>
II - Epidémiologie .....	9
III - Physiopathologie .....	11
IV - Facteurs de risque .....	14
<b>A- Facteurs génétiques .....</b>	<b>14</b>
<b>B- Facteurs environnementaux .....</b>	<b>15</b>
<u>1. Les virus</u> .....	15
<u>2. L'alimentation</u> .....	15
<u>3. Les toxiques</u> .....	16
<u>4. Les autres risques</u> .....	16
V – Diagnostic .....	17
<b>A- Circonstances de découverte .....</b>	<b>17</b>
<b>B- Diagnostic clinique .....</b>	<b>17</b>
<b>C- Diagnostic biologique .....</b>	<b>18</b>
<b>D- Les examens complémentaires .....</b>	<b>19</b>
VI – Complications .....	20
<b>A- Les complications métaboliques aiguës .....</b>	<b>20</b>
<u>1. L'acidocétose</u> .....	20
a) Définition .....	20
b) Etiologie .....	21
c) Physiopathologie .....	21
d) Diagnostic .....	22
e) Traitement .....	23
f) Complications de l'acidocétose .....	23
g) Prévention .....	24
<u>2. L'hypoglycémie</u> .....	24
a) Définition .....	24
b) Etiologies .....	25
c) Signes cliniques .....	26
<b>B- Les complications chroniques .....</b>	<b>27</b>
<u>1. Les complications microvasculaires</u> .....	27
a) La rétinopathie diabétique .....	27
b) La néphropathie diabétique .....	30
c) La neuropathie diabétique .....	32
<u>2. Les complications macrovasculaires</u> .....	35
<u>3. Les autres complications</u> .....	36

a) Le pied diabétique .....	36
b) Les complications cutanées .....	37
c) Les complications ostéo-articulaires .....	39
d) Les complications bucco-dentaires .....	40
VII- Traitement .....	40
<b>A- Insulinothérapie</b> .....	41
<u>1. Structure de l'insuline</u> .....	41
<u>2. Le rôle de l'insuline</u> .....	41
<u>3. Les différentes insulines</u> .....	43
a) Les insulines d'action rapide .....	43
b) Les insulines d'action prolongée .....	44
c) Les insulines prémélangées ou biphasiques .....	44
<u>4- Effets indésirables de l'insuline</u> .....	46
<u>5- Contre indications à l'insuline</u> .....	47
<u>6- Interactions médicamenteuses avec l'insuline</u> .....	47
<u>7- Les précautions d'emploi de l'insuline</u> .....	47
<u>8- Voies d'administration de l'insuline</u> .....	48
<u>9- Les schémas d'insulinothérapie chez les enfants</u> .....	48
a) Schéma à deux injections .....	48
b) Schéma à trois injections .....	49
c) Schéma à quatre injections .....	49
<u>10- Les différents systèmes d'injection de l'insuline</u> .....	50
a) Les seringues à insuline .....	50
b) Les stylos à insuline .....	51
c) Les pompes à insuline .....	52
<b>B- Traitement non médicamenteux</b> .....	57
<u>1. Diététique</u> .....	57
<u>2. Activité physique</u> .....	62
<b>2<sup>ème</sup> PARTIE : CONSEILS À L'OFFICINE AU JEUNE DIABÉTIQUE</b> .....	64
I – Le jeune diabétique et son traitement .....	66
<b>A- L'injection d'insuline</b> .....	66
<u>1. L'injection à la seringue</u> .....	66
a) Préparation d'une seringue avec une seule insuline .....	66
b) Préparation d'une seringue avec un mélange d'insuline .....	68
c) Déroulement de l'injection avec une seringue .....	68
<u>2. L'injection au stylo</u> .....	69
a) Préparation du stylo à insuline .....	70
b) Déroulement de l'injection au stylo .....	71
<u>3. La technique d'injection d'insuline</u> .....	72
a) L'injection en sous-cutané .....	73
b) Le choix de la longueur d'aiguille .....	73
<u>4. Les sites d'injection</u> .....	75
<b>B- La surveillance du traitement</b> .....	77
<u>1. L'autosurveillance glycémique</u> .....	77
a) Le lecteur de glycémie .....	77
b) L'autopiqueur et les lancettes .....	81

c) Le prélèvement capillaire .....	84
d) Le carnet d'autosurveillance .....	86
e) L'autocontrôle glycémique en pratique .....	88
2. <u>L'autosurveillance urinaire</u> .....	91
<b>C- La gestion des déchets de soin</b> .....	93
1. <u>Définition des déchets</u> .....	94
2. <u>Tri et conditionnement des DASRI</u> .....	94
3. <u>Elimination des DASRI</u> .....	95
<b>D- Les situations d'urgence</b> .....	96
1. <u>L'hypoglycémie</u> .....	96
a) Que faire en cas d'hypoglycémie ? .....	96
b) L'injection de glucagon .....	99
c) Que faire après un malaise hypoglycémique ? .....	101
2. <u>L'hyperglycémie</u> .....	101
a) Que faire en cas d'hyperglycémie avec cétonurie ? .....	102
b) Comment éviter l'hyperglycémie avec cétonurie ? .....	103
<b>E- Le pied diabétique</b> .....	103
<b>F- Les soins médicaux</b> .....	105
1. <u>Les examens médicaux particuliers et interventions chirurgicales</u> .....	105
2. <u>La vaccination</u> .....	106
3. <u>Les médicaments</u> .....	106
II – Le jeune diabétique et son environnement .....	106
<b>A- L'école</b> .....	106
1. <u>Le Projet d'Accueil Individualisé</u> .....	108
2. <u>En maternelle et en primaire</u> .....	109
3. <u>Au collège et au lycée</u> .....	110
4. <u>Les repas à la cantine</u> .....	110
5. <u>Le sport</u> .....	110
6. <u>Pour passer des examens ou concours</u> .....	110
<b>B- L'alimentation</b> .....	111
1. <u>L'alimentation équilibrée</u> .....	111
2. <u>Exemples de menus pour un enfant diabétique</u> .....	113
a) Le petit déjeuner .....	113
b) Le déjeuner et le dîner .....	114
c) La collation de la matinée .....	114
d) Le goûter .....	115
<b>C- Les sorties et les fêtes</b> .....	116
1. <u>Le pique-nique</u> .....	116
2. <u>La restauration rapide</u> .....	116
3. <u>Le goûter d'anniversaire</u> .....	117
a) A la maison ou chez un camarade .....	117
b) A l'école .....	118
4. <u>Les apéritifs</u> .....	118
a) Exemple d'apéritif pauvre en glucides .....	118
b) Exemple d'apéritif apportant des glucides .....	119
5. <u>Les repas de fête</u> .....	119
a) Repas de fête à midi .....	119

b) Repas de fête le soir .....	120
6. <u>Les sorties nocturnes des adolescents</u> .....	120
7. <u>Le lever tardif</u> .....	121
<b>D- Les voyages</b> .....	122
1. <u>La préparation du voyage</u> .....	122
2. <u>Pendant le voyage</u> .....	124
a) Le voyage en avion .....	124
b) Décalage horaire .....	125
3. <u>Pendant le séjour</u> .....	125
4. <u>Les classes de découverte</u> .....	126
<b>E- Le sport</b> .....	127
1. <u>Quel sport pratiquer ?</u> .....	127
2. <u>Précautions à prendre</u> .....	128
a) Diminution des doses .....	128
b) Adaptation de l'alimentation et contrôle de la glycémie capillaire ....	129
<b>F- La vie sociale</b> .....	132
1. <u>Le permis de conduire</u> .....	132
2. <u>L'avenir, l'insertion professionnelle</u> .....	133
a) Le choix du métier .....	133
b) L'embauche .....	134
c) Le contrat de travail .....	135
3. <u>La prise en charge par l'assurance maladie</u> .....	135
<b>G- Les associations diabétiques</b> .....	136
1. <u>L'Association Française des Diabétiques (AFD)</u> .....	136
a) Information et prévention .....	137
b) Défense et protection .....	138
c) Accompagnement des patients .....	139
d) Soutien à la recherche .....	139
2. <u>L'Aide aux Jeunes Diabétiques (AJD)</u> .....	140
a) Rôle d'éducation médicale .....	140
b) Rôle de formation .....	142
c) Rôle d'information .....	142
d) Rôle dans la recherche .....	143
<b>Conclusion</b> .....	144
<b>Liste des abréviations</b> .....	145
<b>Liste des figures</b> .....	147
<b>Liste des tableaux</b> .....	149
<b>Bibliographie</b> .....	150

# Introduction

Le diabète de l'enfant (âgé de 0 à 18 ans) est le plus souvent un diabète de type 1, secondaire à la destruction auto-immune des cellules pancréatiques insulinosécrétrices.

Cette pathologie chronique, contraignante pour l'enfant diabétique, nécessite un suivi médical régulier et lors de sa découverte une éducation, dont l'objectif est d'offrir au patient une autonomie optimale lui permettant de poursuivre sa vie dans des conditions les plus proches possibles de celles qu'il envisageait avant la déclaration de sa maladie.

Suite à un stage hospitalier effectué en service pédiatrique, la difficulté des jeunes diabétiques à accepter leur maladie m'a ému, que ce soit à l'annonce de la maladie ou en période de crise d'adolescence, d'où le choix de mon sujet de thèse.

En effet, le pharmacien d'officine, professionnel de santé accessible à tous, a un rôle important dans l'éducation thérapeutique de l'enfant diabétique en répondant aux interrogations du jeune ou de sa famille sur le traitement (fonctionnement du matériel d'injection et d'autosurveillance) ou sur les difficultés de la maladie au quotidien (à l'école, aux anniversaires, en voyage...).

**1<sup>ère</sup> PARTIE :**  
**GÉNÉRALITÉS SUR LE DIABÈTE**  
**DE TYPE 1**

# I - Définition

## A- Définition du diabète

Le diabète est une affection métabolique, caractérisée par une hyperglycémie chronique résultant d'une déficience, soit de la sécrétion de l'insuline, soit de l'action de l'insuline, soit les deux. Au cours de son évolution, le diabète peut engendrer de graves complications touchant le cœur, les vaisseaux, le rein, les yeux et les nerfs.

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et depuis 1997, un sujet est considéré comme diabétique, s'il est dans une des situations suivantes :

- glycémie à jeun (absence d'apport calorique depuis au moins 8h) supérieure ou égale à 1,26 g/L (7 mmol/L)
- présence de symptômes de diabète (polyurie, polydipsie, perte de poids inexpliquée souvent associée à une polyphagie) et une glycémie supérieure ou égale à 2,00 g/L (11,1 mmol/L) mesurée à n'importe quel moment de la journée
- glycémie à la 2<sup>ème</sup> heure d'une hyperglycémie provoquée par voie orale (HGPO) supérieure ou égale à 2,00 g/L (11,1 mmol/L) (test pratiqué selon les recommandations de l'OMS en ingérant 75 g de glucose).

En pratique clinique, une deuxième mesure glycémique doit être effectuée pour confirmer le diagnostic de diabète. [1]

On distingue deux formes principales de diabète :

- le diabète de type 1 (auparavant appelé diabète insulino-dépendant ou diabète juvénile), lié à une incapacité de sécrétion d'insuline par un mécanisme auto-immun le plus souvent. Cette forme de diabète survient essentiellement chez les enfants et les adultes jeunes.
- le diabète de type 2 (auparavant appelé diabète non insulino-dépendant), caractérisé par une résistance à l'insuline et une carence relative de sécrétion d'insuline. Cette forme de

diabète survient essentiellement chez les adultes mais peut apparaître chez les adolescents. Le diabète de type 2 représente environ 90 % des diabètes dans le monde. [2]

D'autres types de diabète peuvent être rencontrés chez l'enfant et l'adolescent :

- le diabète néonatal
- des anomalies génétiques : trisomie 21, syndrome de Wolfram, diabète lipoatrophique, insulino-résistance à l'action de l'insuline, diabète MODY
- des anomalies des gènes mitochondriaux
- une atteinte pancréatique : mucoviscidose, hémochromatose...
- un diabète induit par des médicaments ou toxiques (glucocorticoïdes...). [3]

### **B- Définition du diabète de type 1**

Le diabète de type 1 résulte de la destruction des cellules  $\beta$  du pancréas, aboutissant habituellement à une carence absolue en insuline. L'OMS distingue deux catégories :

- la forme auto-immune, incluant le classique diabète du sujet jeune et le diabète auto-immun lent de l'adulte (LADA : Latent Autoimmune Diabetes in Adults), qui se définit par la présence de marqueurs immunogénétiques spécifiques du diabète de type 1 chez des patients initialement considérés comme des diabétiques de type 2
- la forme idiopathique, susceptible de décompensation aigüe sur un mode céto-acidosique, rare mais plus fréquent dans les populations africaines et asiatiques. [1]

Le diabète de type 1 est la forme de diabète la plus couramment rencontrée chez l'enfant et représente environ 90 % des diabètes de l'enfant.

## **II - Epidémiologie**

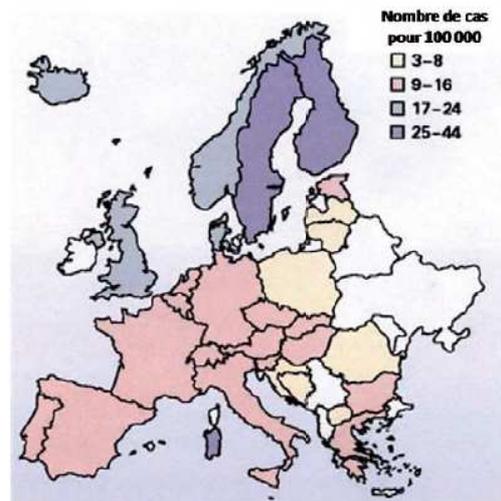
Le diabète de type 1 représente environ 10 % de la population diabétique dans le monde.

Chaque année, 76 000 enfants de moins de 15 ans développent un diabète de type 1 et en 2010, 480 000 enfants seraient atteints à l'échelle mondiale. [4]

L'étude D.I.A.M.O.N.D. (étude internationale menée de 1990 à 1999 sur les enfants de moins de 15 ans) a mis en évidence une augmentation de l'incidence annuelle de l'ordre de 3,4 %.

En Europe, l'incidence annuelle a augmenté avec une croissance moyenne de 3,2 % selon l'étude EURODIAB (étude menée dans 44 centres en Europe et en Israël entre 1989 et 1998 sur des enfants de moins de 15 ans).

La croissance la plus forte a été observée dans la tranche d'âge des 0 - 4 ans (4,8 % /an). En outre, il existe un gradient nord/sud, comme le montre la figure 1.



**Figure 1 : Incidence du diabète de type 1 de l'enfant en Europe selon EURODIAB [5]**

En France, environ 15 000 enfants et adolescents ont un diabète, à plus de 90 % de type 1. Le taux d'incidence en 1997 était de 9,58 pour 100 000 selon le registre d'incidence du diabète de type 1 de l'enfant (mené de 1988 à 1997 dans quatre régions de France sur les enfants de moins de 20 ans), avec un pic d'incidence autour de la puberté (tranche d'âge 10 - 14 ans), comme le montre le tableau I. L'âge moyen du diagnostic est de 10,6 ans.

**Tableau I : Taux d'incidence du diabète de type 1 dans quatre régions de France, selon les classes d'âge, en 1988 et 1997 [5]**

Tranches d'âge (ans)	Taux d'incidence (pour 100 000/an)	
	1988	1997
0-4	4,2	7,48
5-9	7,8	10,8
10-14	10,2	14,4
15-19	8,1	5,3

Le diabète de type 1 est plus fréquent chez les garçons (54,2 %). L'incidence annuelle a augmenté avec une moyenne de 3,7 % (pour les 0 à 20 ans).

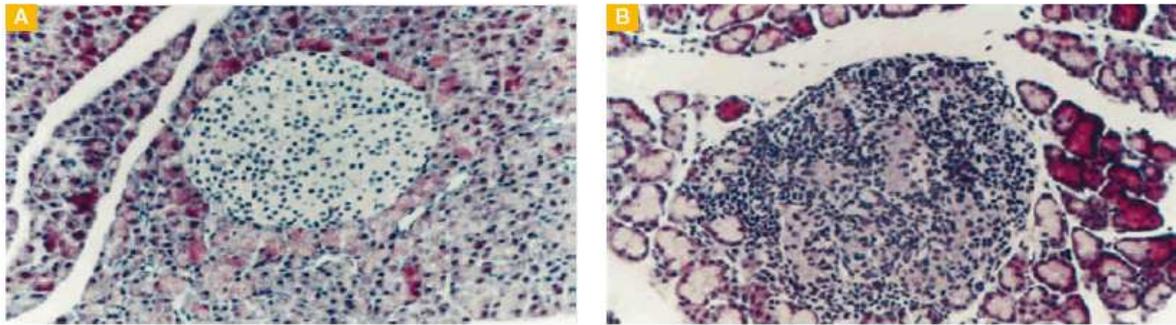
Cependant, d'après les dernières données (étude hospitalière menée en Aquitaine de 1996 à 2004 recensant les nouveaux cas de diabète de type 1 diagnostiqués avant l'âge de 15 ans), l'incidence annuelle serait de 13,5 pour 100 000 et l'augmentation du taux serait de 3,4 % /an pour les moins de 15 ans.

Ainsi l'incidence du diabète de type 1 augmente et l'âge de diagnostic se décale vers des âges de plus en plus jeunes. [5], [6]

### **III - Physiopathologie**

Le diabète de type 1 est dû à une destruction auto-immune des cellules insulino-sécrétrices dites cellules  $\beta$  des îlots de Langerhans au niveau du pancréas. Il en résulte une carence en insuline qui ne s'exprime cliniquement que lorsque 80 à 90 % des cellules  $\beta$  sont détruites.

Les îlots sont infiltrés par des cellules mononuclées (insulite). Dans ces infiltrats sont retrouvés principalement des lymphocytes T CD8, avec lesquels coexistent des lymphocytes T CD4, des lymphocytes B et des macrophages (figure 2). [7]



**Figure 2 : L'insulite, marque histologique du diabète de type 1 – A) Ilot normal, B) Insulite : infiltrat inflammatoire constitué de macrophages, lymphocytes T et B, avec destruction des cellules  $\beta$  [8]**

Le processus auto-immun (figure 3) débute plusieurs années (5 à 10 ans, voire plus) avant l'apparition du diabète.

L'autoantigène initial responsable de l'activation du système immunitaire contre les cellules  $\beta$  du pancréas n'est pas encore clairement identifié chez l'homme. Cet antigène est capté par les cellules présentatrices de l'antigène (cellules dendritiques, macrophages, lymphocytes B) et est dégradé en peptides antigéniques, qui sont présentés aux lymphocytes T CD4.

La reconnaissance de l'antigène par ces lymphocytes T CD4 est une étape déterminante pour l'activation de la réponse immunitaire. Les lymphocytes T CD4 induisent ensuite une réponse de type cellulaire avec notamment le recrutement et l'activation des macrophages et des lymphocytes T CD8 cytotoxiques.

La destruction des cellules  $\beta$  des îlots de Langerhans au cours du diabète de type 1 résulte essentiellement de l'action des lymphocytes T CD8 cytotoxiques, responsables d'une apoptose des cellules  $\beta$  par la production de perforine et de granzyme.

Des cytokines (interleukine 1 (IL1), Tumor necrosis factor alpha (TNF $\alpha$ ), interféron gamma (IFN $\gamma$ )), produites localement par les lymphocytes T CD8 et les macrophages, semblent également participer à la destruction des cellules  $\beta$ , par la production de radicaux libres et d'oxyde nitrique (NO).

Les lymphocytes T CD4 peuvent aussi induire l'activation des lymphocytes B qui produisent alors des anticorps.

Les autoanticorps n'ont pas de rôle cytotoxique direct mais ils participent à l'expansion du processus auto-immun en favorisant la présentation autogénique. [9]

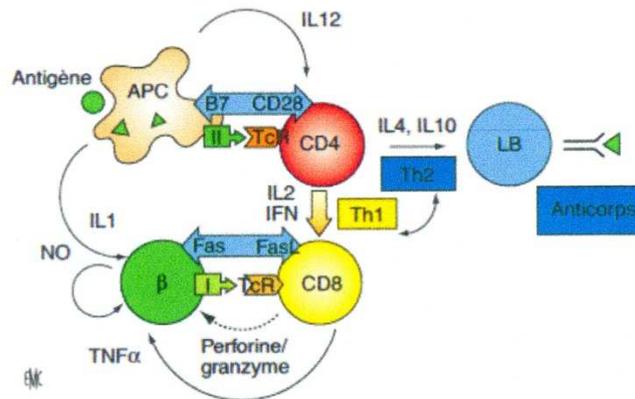


Figure 3 : Phase effectrice de la réponse immunitaire au cours du diabète de type 1 [9]

Ainsi la maladie est décrite en trois phases (figure 4) :

- une phase de latence, définie par la prédisposition génétique
- une phase préclinique silencieuse, caractérisée par une activation du système immunitaire contre les cellules d'îlots (au cours de laquelle, les autoanticorps sont détectables)
- une phase clinique hyperglycémique, modulée par l'intervention de facteurs environnementaux. [8]

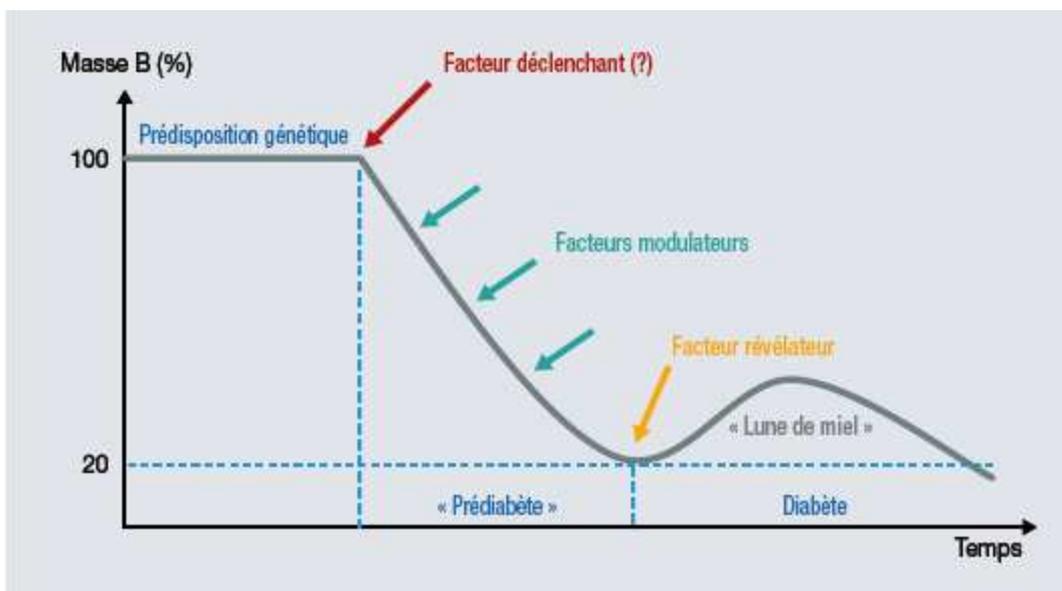


Figure 4 : Histoire naturelle du diabète de type 1 [8]

## IV - Facteurs de risque

Le diabète de type 1 survient sur un terrain génétique prédisposé, sous l'influence d'un ou plusieurs facteurs environnementaux.

### A- Facteurs génétiques

Contrairement au diabète de type 2, la susceptibilité génétique est faible dans le diabète de type 1. En effet, le diabète de type 1 est familial dans environ 10 % des cas.

Le risque d'être diabétique pour un apparenté au premier degré (frère, sœur, enfant) est de 5 %, soit environ dix fois plus que dans la population générale. [10] Le risque pour une mère diabétique insulino-dépendante d'avoir un enfant diabétique est environ de 2 % alors que le risque est de 6 % lorsque c'est le père qui est diabétique insulino-dépendant.

Le diabète de type 1 résulte de l'effet combiné d'une dizaine de gènes. Actuellement seuls certains ont été identifiés.

Les gènes du complexe majeur d'histocompatibilité de classe II (HLA II : Human Leucocyte Antigen II), se situant sur le bras court du chromosome 6, interviennent pour 40 à 50 % dans la prédisposition génétique du diabète de type 1. Les haplotypes HLA-DR3 et DR4 sont trouvés chez 90 % des personnes atteintes de diabète de type 1 contre 25 % des personnes dans l'ensemble de la population. La combinaison DR3-4 est trouvée chez 30 % des patients diabétiques de type 1, contre 1 % dans l'ensemble de la population. Ainsi le risque est augmenté lorsque la personne est HLA-DR3 et/ou DR4 positifs.

Le VNTR (Variable Number of Tandem Repeat) du gène de l'insuline, situé sur le bras court du chromosome 11, contribuerait à environ 10 % de la prédisposition génétique. [7]

Des polymorphismes du gène *CTLA4* (*Cytotoxic T Lymphocyte Antigen-4*) ont été associés à une faible augmentation du risque de diabète. *CTLA4* joue un rôle dans la réponse immunitaire.

Le gène *PTPN22* (*Protein Tyrosin Phosphatase N22*), récemment découvert comme étant un gène de susceptibilité du diabète de type 1, contribue pour 1 % à la susceptibilité génétique au diabète de type 1. Il est impliqué dans la régulation de l'activation lymphocytaire. [9]

## **B- Facteurs environnementaux**

Le rôle de l'environnement dans la physiopathologie du diabète de type 1 est depuis longtemps suspecté. Cependant, aucun facteur environnemental (virus, alimentation, toxiques...) n'est formellement identifié.

### **1. Les virus**

Les virus ont depuis longtemps été incriminés dans le déclenchement ou l'amplification de la réponse auto-immune conduisant au diabète de type 1.

En effet, 10 à 20 % des cas de rubéoles congénitales se compliquent 5 à 25 ans plus tard d'un diabète auto-immun. [9] De plus, deux études conduites au Massachusetts suggèrent que certaines épidémies virales (virus Coxsackie) pourraient être à l'origine de diabète de type 1. [10] Enfin, la saisonnalité du diagnostic de la maladie avec un pic hivernal chez les enfants dans tous les pays d'Europe, suggère que les infections virales seraient un facteur de risque important dans le développement d'un diabète de type 1.

### **2. L'alimentation**

L'introduction précoce de protéines de lait de vache, chez des enfants génétiquement prédisposés au diabète de type 1, pourrait constituer un facteur de risque. La protéine incriminée est le sérum albumine bovine (SAB).

De même, l'introduction précoce de céréales dans l'alimentation de l'enfant de moins de 4 mois ou de gluten chez les enfants de moins de 3 mois, semblerait être un facteur de risque supplémentaire. [5]

Une étude en Islande montrant un pic de diagnostic de diabète de type 1 au printemps, a permis aux épidémiologistes de montrer que ce diabète était corrélé à la consommation de poissons fumés à Noël. L'analyse des conserves de ce poisson a mis en évidence la présence de nitrosamines. [10]

La supplémentation en vitamine D pendant la petite enfance protège contre le risque ultérieur de développer un diabète de type 1 (selon une étude finlandaise).

### 3. Les toxiques

Au milieu des années 60, il a été montré que la streptozotocine (antibiotique) était sélectivement toxique aux cellules  $\beta$  des îlots de Langerhans, à l'origine du diabète.

### 4. Les autres risques

Plusieurs études ont établi un lien entre la croissance économique d'un pays (PIB : produit intérieur brut) et l'incidence du diabète de type 1 (*via* la prise de poids excessive qui induirait une résistance à l'insuline).

D'autres facteurs de risque sont suspectés : poids et taille à la naissance, l'âge maternel et paternel lors de la conception, la pré-éclampsie maternelle, la détresse respiratoire néonatale. [5]

## V - Diagnostic

### A- Circonstances de découverte

Le diabète de type 1 est découvert le plus souvent devant un syndrome cardinal (c'est-à-dire l'association classique de quatre signes : polyurie, polydipsie, polyphagie et amaigrissement) ou une acidocétose ou à l'occasion d'un dépistage familial ou d'un bilan systémique, ce qui est rare [11].

### B- Diagnostic clinique

Le diabète de type 1 est une maladie fortement symptomatique. Dans 60 à 75 % des cas, le diabète est diagnostiqué chez l'enfant devant un syndrome cardinal.

La polyurie (augmentation anormale du volume des urines), diurne et nocturne, est le symptôme qui gêne le plus le diabétique. Elle peut atteindre trois à quatre litres par jour. Elle signifie que la glycosurie est massive [8]. Toute polyurie chez l'enfant doit faire évoquer le diagnostic ; ce symptôme est le plus fréquemment rencontré au moment du diagnostic (selon l'étude EURODIAB, 71 % des enfants avaient une polyurie au diagnostic).

La polydipsie (besoin excessif de boire) témoigne d'une fuite hydrique. Une perte de poids corporel supérieure ou égale à 10 % est retrouvée chez 43 % des enfants selon des études françaises [5]. Cet amaigrissement s'accompagne d'une grande asthénie.

La polyphagie (besoin excessif de manger) n'est pas un symptôme constant, cependant il est d'un intérêt majeur, car il contraste avec l'amaigrissement.

L'évolution se fait vers une décompensation acidocétosique en quelques semaines. Dans 25 à 40 % des cas, le diabète de type 1 est diagnostiqué chez l'enfant au stade de l'acidocétose.

Les signes cliniques, outre ceux de l'hyperglycémie, sont :

- une dyspnée de Kussmaul, qui se caractérise par une dyspnée en quatre temps avec une inspiration profonde suivie d'une pause respiratoire puis d'une expiration profonde et à nouveau d'une pause respiratoire
- une odeur acétonémique de l'haleine
- des nausées, vomissements et douleurs abdominales
- une altération de la conscience (sommolence ou coma).

L'acidocétose est la cause la plus fréquente de mortalité chez l'enfant diabétique de type 1, c'est pourquoi sa prise en charge en hospitalisation d'urgence doit être la plus précoce possible. [7]

### **C- Diagnostic biologique**

Le diagnostic est affirmé par une glycémie supérieure ou égale à 2,00 g/L mesurée à n'importe quel moment de la journée, associée aux signes cliniques du diabète et par la glycosurie, voire la cétonurie, détectées à l'aide d'une bandelette réactive. Si la glycosurie et la cétonurie sont positives, elles confirment l'hyperglycémie mais si elles sont négatives, elles n'excluent en rien un diabète sucré.

Lorsque le diabète est diagnostiqué, la recherche des auto-anticorps, prouvant l'éventuel caractère auto-immun du diabète, est faite de manière quasi-systématique chez l'enfant avant le début de l'insulinothérapie. En effet, la destruction des cellules  $\beta$  est essentiellement due à une infiltration des îlots de Langerhans par des lymphocytes T. Au cours de cette réaction sont produits des auto-anticorps dirigés contre certains antigènes pancréatiques. Les quatre principaux auto-anticorps recherchés sont :

- les ICA (anticorps anticellules d'îlots), présents chez 80 % des enfants diabétiques au début de la maladie
- les anti-GAD (anticorps dirigés contre la décarboxylase de l'acide glutamique), présents chez 80 % des enfants diabétiques au début de la maladie

- les anti-IA2 (anticorps dirigés contre une tyrosine phosphate), présents dans 38 à 51 % des diabètes juvéniles au début de la maladie
- les IAA (anticorps anti-insuline), présents chez 30 à 40 % des enfants diabétiques à la découverte de la maladie, plus fréquemment avant l'âge de 5 ans.

Chez l'enfant, au moins un auto-anticorps est présent dans 96 % cas lors du diagnostic de diabète. Les auto-anticorps disparaissent progressivement avec l'ancienneté de la maladie, environ 5 à 10 ans. [7]

#### **D- Les examens complémentaires**

Une fois le diagnostic de diabète de type 1 posé, il est primordial de faire un premier bilan pour rechercher des facteurs de risque cardio-vasculaire ou autre, ainsi que d'éventuelles atteintes d'organes et maladies associées.

Le diabète de type 1 est un facteur de risque cardio-vasculaire, donc il faut rechercher d'autres facteurs de risque cardio-vasculaire, comme l'hypertension artérielle et la dyslipidémie. D'autres facteurs de risque sont également à prendre en compte : le mode de vie (surpoids, obésité, sédentarité, tabac...) et le contexte psychosocial (scolarité, troubles de l'alimentation, dynamique familiale, éducation).

Le bilan initial s'assure de l'absence d'anomalies au niveau d'organes cibles (œil, rein, cœur, vaisseaux, système nerveux). Les atteintes d'organes cibles sont rarement présentes au moment du diagnostic chez l'enfant et l'adolescent.

Les enfants ayant un diabète de type 1 auto-immun présentent un risque accru de développer une autre maladie auto-immune. L'atteinte thyroïdienne auto-immune est de loin l'association la plus fréquente, ce qui justifie le dosage de la TSH (Thyroid Stimulating Hormone) et la recherche d'anticorps antithyroïdiens. De plus, des signes cliniques en faveur de la maladie coeliaque sont recherchés ainsi que des anticorps spécifiques (anticorps anti-transglutaminase, anticorps anti-gliadine). [12]

## VI - Complications

Les complications du diabète de type 1 sont de deux ordres : les complications métaboliques aiguës (hypoglycémie, décompensation cétosique voire acidocétose) et les complications chroniques, secondaires à l'hyperglycémie chronique, entraînant des microangiopathies et macroangiopathies.

### A- Les complications métaboliques aiguës

En 2003, à partir de la base administrative issue du programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI), l'Institut de Veille Sanitaire (InVS) a permis de mettre en évidence qu'environ 18 % des enfants diabétiques âgés de 1 à 19 ans, vivant en France métropolitaine, ont été hospitalisés au moins une fois pour une complication métabolique aiguë. Trois séjours sur quatre étaient dus à une acidocétose avec ou sans coma. [13]

#### 1. L'acidocétose

##### a) Définition

L'acidocétose est la conséquence d'une carence profonde en insuline.

Elle se définit par :

- une hyperglycémie > 2,50 g/L
- un pH sanguin veineux < 7,25 ou artériel < 7,30
- des bicarbonates plasmatiques < 15 mEq/L
- et la présence d'une cétonurie.

## b) Etiologie

L'acidocétose diabétique est la conséquence d'un déficit absolu ou relatif en insuline.

Les causes de carence absolue en insuline sont l'arrêt de l'insulinothérapie, volontaire (oublis d'injection d'insuline par les adolescentes par crainte de grossir) ou involontaire (comme le mauvais fonctionnement d'un stylo à insuline ou une panne d'une pompe à insuline) ou la forme révélatrice du diabète de type 1.

Les causes de carence relative en insuline sont les infections, un stress important, une hyperthyroïdie, un hypercorticisme, une corticothérapie sans augmentation compensatoire des doses d'insuline. Dans 24 % des cas la cause déclenchante de l'acidocétose demeure inconnue. [14]

## c) Physiopathologie

L'acidocétose est la conséquence d'une carence profonde en insuline.

Cette carence empêche la pénétration cellulaire du glucose, d'où une hyperglycémie plasmatique. Cette privation intracellulaire d'une part et l'augmentation des hormones de la contre-régulation (glucagon, catécholamines, cortisol) d'autre part, activent la glycogénolyse et la néoglucogenèse. Il en résulte une augmentation de la production hépatique de glucose, aggravant l'hyperglycémie préexistante. Lorsque la glycémie dépasse 1,80 g/L, une glycosurie est observée entraînant une hyperosmolarité urinaire, qui est responsable d'une diurèse osmotique évoluant vers une déshydratation.

La carence insulinique et la libération excessive d'hormones hyperglycémiantes stimulent également la lipolyse et entraînent une augmentation importante des acides gras libres, qui sont alors captés par le foie et transformés en corps cétoniques. Ces derniers sont ensuite excrétés dans le sang, puis dans les urines. Ces acides organiques provoquent une acidose lorsque l'hyperventilation ne parvient pas à la compenser et que les capacités de tampon du plasma sont dépassées. [15]

#### d) Diagnostic

L'acidocétose s'installe progressivement en quelques jours, sauf chez l'enfant où elle apparaît de façon brutale (en quelques heures).

Cliniquement, il existe dans un premier temps une phase de cétose simple. Elle est caractérisée par :

- des signes d'hyperglycémie : fatigue, soif, polyurie, polydipsie, troubles visuels...
- des signes évocateurs de cétose : troubles digestifs de type douleurs abdominales, nausées, anorexie...

Si aucune mesure thérapeutique n'est prise à ce stade, on passe au stade d'acidocétose. Cette phase est caractérisée par :

- une dyspnée de Kussmaul ample, bruyante et rapide
- une altération de la conscience (de la simple confusion à un coma hypotonique calme dans 10 % des cas) ou une conscience parfaitement normale dans 20 % des cas
- une déshydratation initialement de type extracellulaire (pli cutané, hypotonie des globes oculaires, hypotension artérielle) évoluant vers une déshydratation intracellulaire (sécheresse des muqueuses)
- une hypothermie
- une odeur acétonique de l'haleine
- des troubles digestifs plus importants qu'au premier stade. [14]

La confirmation du diagnostic est biochimique. On note une hyperglycémie très souvent supérieure à 3,00 g/L, une acidose métabolique avec effondrement du pH et des bicarbonates, une hypocapnie par hyperventilation, la présence de corps cétoniques à la bandelette urinaire et des corps cétoniques plasmatiques élevés. La kaliémie est variable et une pseudo-hyponatrémie peut être observée. Un électrocardiogramme (recherche de troubles du rythme cardiaque dus à une hypokaliémie) et un examen radiologique du thorax sont des examens complémentaires indispensables. [16]

#### e) Traitement

Une hospitalisation en urgence est nécessaire. En effet, la complication la plus grave est l'œdème cérébral et c'est la première cause de mortalité des enfants atteints de diabète de type 1. Le but du traitement est de restaurer la volémie, de corriger les troubles hydroélectrolytiques et la carence insulinique.

Avant toute chose, la correction d'un choc hypovolémique (hypotension artérielle, tachycardie, extrémités froides, oligurie) par remplissage vasculaire de 10 à 20 mL/kg de sérum physiologique en 30 minutes par voie intraveineuse est indispensable.

La rééquilibration hydroélectrolytique peut ensuite être débutée. Dans un premier temps, cette réhydratation doit être isotonique au plasma (sérum physiologique et KCl à 4 g/L), puis dès que la glycémie est inférieure à 2,50 g/L, elle est remplacée par un sérum glucosé à 5 % additionné de NaCl à 6 g/L et de KCl.

L'insulinothérapie est débutée en même temps que la réhydratation, à 0,1 U/kg/h par voie intraveineuse. Ensuite la dose d'insuline d'action rapide (c'est-à-dire dont l'action débute dans les 15 à 30 minutes après l'injection) doit être adaptée toutes les heures en fonction des glycémies capillaires. Dès que la prise alimentaire est possible, le relais de l'insuline intraveineuse est prise par la voie sous cutanée.

La correction de l'acidose est donc obtenue par la réhydratation et l'insulinothérapie.

Le succès de la prise en charge de l'acidocétose diabétique chez l'enfant ou l'adolescent dépend de la structure pédiatrique et en particulier des infirmiers et médecins habitués à cette prise en charge en diabétologie.

#### f) Complications de l'acidocétose

L'œdème cérébral est la complication la plus grave et fréquente chez les enfants. Les symptômes tel qu'une altération secondaire brutale de la conscience, des céphalées, des convulsions, des signes d'hypertension intracrânienne (hypertension artérielle, vomissements, coma, mydriase) survenant dans les 2 à 24h après le début du traitement, doivent faire suspecter un œdème cérébral. La conduite à tenir est l'emploi immédiat de

mannitol intraveineux, sans attendre la confirmation neuroradiologique, et le transfert en réanimation pour surveillance et assistance respiratoire.

L'hypokaliémie est fréquente et doit être prévenue par des apports de potassium adaptés et une surveillance de l'ionogramme et de l'électrocardiogramme, puisqu'elle peut entraîner des troubles du rythme cardiaque.

L'inhalation de liquide gastrique chez l'enfant inconscient est fréquente et doit être prévenue par l'aspiration de l'estomac. [17]

#### g) Prévention

Lorsque la glycémie est supérieure à 2,50 g/L, une recherche de cétonurie (présence de corps cétoniques dans les urines) doit être systématique. De plus, l'autosurveillance glycémique doit être renforcée dans des situations à risque comme la fièvre, les troubles digestifs, la gastro-entérite et les doses d'insuline ne doivent pas être diminuées même si l'enfant souffre de nausées ou vomissements.

Si la cétonurie est positive et que la glycémie est supérieure à 2,50 g/L, il faut faire des ajouts d'insuline rapide en plus du traitement habituel. La dose à administrer est 1/10<sup>ème</sup> de la dose totale de 24h. L'enfant doit manger normalement malgré l'hyperglycémie et doit s'hydrater. Il ne peut pas effectuer de sport tant que la cétonurie n'a pas disparu et les analyses sanguines et urinaires sont effectuées toutes les 4h. Si la cétose persiste, les suppléments d'insuline rapide doivent être continués toutes les 4h et le médecin doit être contacté. [18]

## 2. L'hypoglycémie

#### a) Définition

L'hypoglycémie est la complication la plus redoutée du diabète de l'enfant et en particulier par les parents. Elle est fréquente, désagréable, impressionnante pour le patient

et l'entourage mais exceptionnellement dangereuse. Elle constitue le prix à payer pour l'obtention d'un bon contrôle glycémique moyen.

L'hypoglycémie est définie par une glycémie inférieure à 0,60 g/L.

Les hypoglycémies sont divisées en deux types, mineures ou sévères, en fonction du traitement nécessaire à leur correction. Ainsi, une hypoglycémie mineure est perçue par la personne elle-même, qui absorbe des glucides pour la corriger et une hypoglycémie sévère nécessite l'intervention d'une tierce personne soit en aidant à l'ingestion de glucides, soit si la conscience est profondément altérée, en injectant du glucagon (hormone hyperglycémisante) intramusculaire ou du sérum glucosé intraveineux.

Les hypoglycémies mineures sont inévitables lorsque l'équilibre glycémique est correct : avoir deux à quatre hypoglycémies modérées par semaine est habituel. Il faut veiller à ce qu'elles ne soient pas une source d'inconfort scolaire en particulier, pour celles survenant en fin de matinée. [7]

#### b) Etiologies

Les principales causes de l'hypoglycémie sont :

- repas ou collation insuffisants ou sautés
- exercice physique non programmé ou avec une mauvaise adaptation des doses d'insuline et des apports glucidiques supplémentaires
- repas (notamment du soir) insuffisamment glucidique, souvent par méconnaissance des règles d'équivalence diététique
- erreurs dans la réalisation de l'injection d'insuline
- injection dans les zones de lipodystrophie (anomalie du tissu adipeux sous-cutané, due aux injections répétées d'insuline dans une même zone)
- repas trop retardés par rapport à l'injection
- schéma insulinaire comportant trop d'insuline d'action rapide
- adaptation trop brutale des doses avec suppléments d'insuline rapide intempestifs

- méconnaissance des symptômes de l'hypoglycémie ou des pratiques d'un re-sucrage suffisant
- très rarement cause organique (gastroparésie, insuffisance hormonale...). [19]

### c) Signes cliniques

Les symptômes sont classés en :

- signes dysautonomiques : sueurs, palpitations, tremblements, faim
- signes neuroglucopéniques : troubles de la concentration, difficultés à parler, incoordination motrice, sensation d'ébriété, diplopie
- signes non spécifiques : fatigue brutale, céphalées, nausées, paresthésies en particulier péri-buccales, troubles de la vision
- mais aussi : nervosité, irritabilité, agressivité, somnolence, sensation de froid, angoisse et, surtout détectable par l'entourage, pâleur, ralentissement de la parole ou des actes, regard dans le vide.

Le coma hypoglycémique s'installe rapidement, précédé ou non par des signes annonciateurs. Il se présente par une perte de connaissance, une tachycardie, des sueurs et des crises convulsives. [19]

Chez le jeune enfant, l'absence de verbalisation conduit plus facilement à l'hypoglycémie sévère. Donc son entourage doit savoir reconnaître les signes d'une hypoglycémie.

De plus, l'hypoglycémie chronique ou les hypoglycémies mineures répétées favorisent l'apparition d'hypoglycémie d'emblée sévère par le phénomène de « non-reconnaissance de l'hypoglycémie ». Ce phénomène, progressivement réversible après adaptation du traitement, doit être expliqué aux parents.

Nous expliquerons par la suite comment prévenir ce risque d'hypoglycémie mais également comment réagir quand il survient.

## **B- Les complications chroniques**

Les complications à long terme du diabète chez l'enfant sont avant tout microvasculaires. L'enfant diabétique ne présente pas de complications macrovasculaires à expression clinique. [5]

### 1. Les complications microvasculaires

Les complications microvasculaires résultent de l'hyperglycémie chronique. Les organes touchés sont la rétine, les reins et le système nerveux périphérique et autonome.

L'hyperglycémie entraîne une glycosylation des protéines, qui provoque une altération de la paroi des microvaisseaux (épaississement de la membrane basale et fragilisation de la paroi) et une modification du contenu vasculaire (viscosité sanguine augmentée). Ces modifications favorisent l'obstruction des microvaisseaux provoquant une ischémie d'aval. [20]

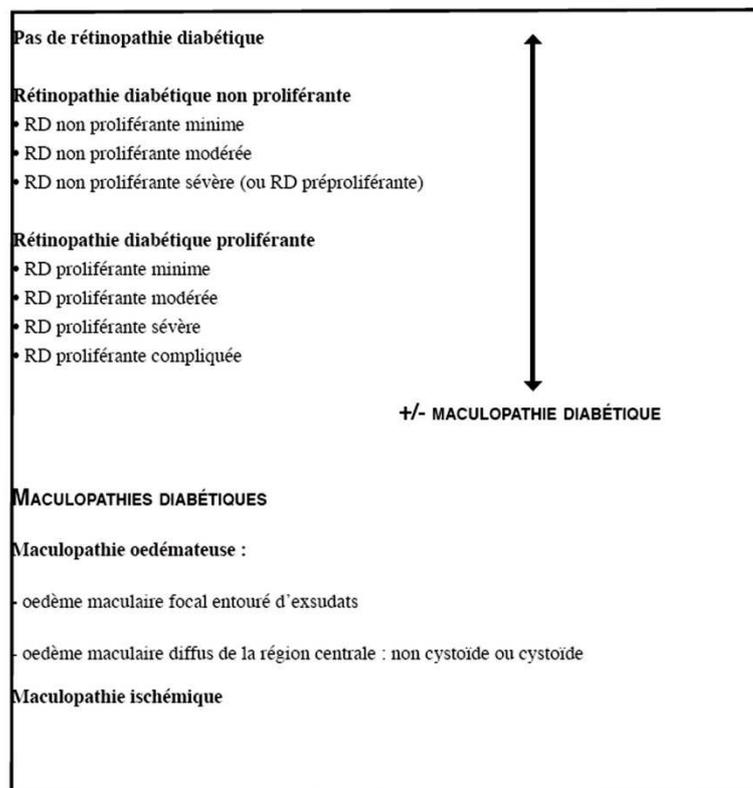
#### a) La rétinopathie diabétique

La rétinopathie diabétique reste une cause majeure de malvoyance et c'est la première cause de cécité avant l'âge de 50 ans dans les pays industrialisés. Elle est silencieuse pendant des années et ne devient symptomatique qu'au stade des complications. C'est pourquoi il est important d'avoir une surveillance ophtalmologique régulière tout au long de la vie du diabétique, pour permettre de diagnostiquer précocement une rétinopathie et de la traiter. [21]

#### ➤ Généralités

Il existe plusieurs classifications de la rétinopathie diabétique. En France, la plus utilisée est celle de la Société Francophone du Diabète (SFD) (anciennement ALFEDIAM, Association de la Langue Française pour l'Etude du Diabète et des Maladies métaboliques). Cette classification simplifiée (figure 5) est définie à partir des lésions observées au fond

d'œil. La rétinopathie diabétique est sous-divisée en sept stades, qui donnent une indication sur le pronostic et la gravité de l'atteinte. Le maculopathie diabétique est un des aspects de la rétinopathie diabétique et s'observe aussi bien dans les formes proliférantes, caractérisées par la prolifération de néovaisseaux à la surface de la rétine et/ou sur la pupille, que dans les formes non proliférantes et nécessite donc une classification à part.



**Figure 5 : Classification de la rétinopathie diabétique (RD : Rétinopathie Diabétique) [22]**

Chez les enfants, la rétinopathie diabétique est rare et non proliférante avant la puberté. En revanche, l'adolescence constitue une période à haut risque d'évolution rapide de la rétinopathie diabétique et justifie donc une surveillance ophtalmique renforcée. Les facteurs probablement responsables de cette aggravation sont un contrôle glycémique rendu difficile par l'augmentation des besoins en insuline à cette période de la vie, une compliance au traitement du diabète moins bonne, liée aux perturbations psychologiques de l'adolescence et des modifications hormonales. Ainsi la puberté favorise le développement de formes graves de la rétinopathie diabétique et en particulier la rétinopathie diabétique floride, forme proliférante rare caractérisée par l'apparition en quelques mois de voiles néovasculaires extrêmement étendus et fortement hémorragiques, à très haut risque de

cécité. C'est pourquoi il est essentiel de sensibiliser les parents et l'enfant au dépistage précoce de la rétinopathie diabétique.

#### ➤ Surveillance

Le premier examen ophtalmologique se fera après cinq ans d'évolution du diabète et après le début de la puberté. Puis la surveillance sera annuelle par un fond d'œil, mais pour la période entre 16 et 18 ans, le contrôle sera renforcé (tous les 3 à 6 mois en cas de rétinopathie diabétique avérée).

#### ➤ Facteurs de risque

Les facteurs de risque de la rétinopathie diabétique sont l'ancienneté de la maladie et la qualité de l'équilibre glycémique. En effet, l'étude DCCT (Diabetes Control and Complications Trial) sur des enfants âgés de 13 à 17 ans, a montré qu'une glycémie optimale pendant une période prolongée, réduisait de 53 % l'incidence de la rétinopathie diabétique en prévention primaire, et de 70 % le risque de progression en prévention secondaire. [23]

Le traitement est avant tout préventif avec un bon équilibre glycémique.

#### ➤ Traitement

En cas de rétinopathie diabétique proliférante, le traitement est la photocoagulation panrétinienne (PPR) qui permet de réduire considérablement le risque de cécité et d'obtenir la régression de la néovascularisation. Elle est réalisée en ambulatoire sous anesthésie de contact.

Pour un œdème maculaire, s'il existe une baisse visuelle significative et prolongée sans tendance à l'amélioration spontanée, le traitement par laser est indiqué. Il permet au mieux un ralentissement de la baisse visuelle mais cette technique est risquée puisque les lésions à traiter sont très proches de la macula.

Enfin, le traitement chirurgical (vitrectomie) est indiqué pour les formes proliférantes graves, compliquées d'hémorragies du vitré ou de décollement de rétine par traction. [22]

## b) La néphropathie diabétique

La néphropathie diabétique est une pathologie du glomérule attribuable à l'hyperglycémie chronique. Tous les diabétiques de type 1 mal équilibrés ne semblent pas exposés au risque de néphropathie, contrairement au risque de rétinopathie. Environ 30 % des diabétiques de type 1 développeront une néphropathie. Un pic d'incidence est observé entre la 10<sup>ème</sup> et la 25<sup>ème</sup> année de diabète. Ces néphropathies diabétiques sont la première cause d'insuffisance rénale terminale dans les pays occidentaux. [24]

La prévalence de la néphropathie chez les adolescents diabétiques de type 1 est estimée de 5 à 20 %. Elle est rare avant la puberté et avant cinq ans d'évolution de diabète. [7]

### ➤ Définition

On distingue cinq stades de néphropathie diabétique, en fonction de l'atteinte histologique et de l'expression clinique.

Au *stade 1* (néphropathie fonctionnelle), le flux sanguin rénal et la filtration glomérulaire sont élevés. La lésion histologique est une hypertrophie glomérulaire et l'albuminurie est normale (inférieure à 30 mg/24h ou 20 µg/min).

Au *stade 2*, la néphropathie silencieuse se caractérise par le début des premières lésions anatomiques du glomérule (épaississement de la membrane basale glomérulaire). Le flux sanguin rénal et la filtration glomérulaire restent élevés et l'albuminurie est toujours normale. Cette phase apparaît dans les cinq ans après le diagnostic.

Au *stade 3*, la néphropathie débutante s'exprime par une microalbuminurie (excrétion urinaire d'albumine supérieure à 30 mg/24h (ou 20 µg/min) mais ne dépassant pas 300 mg/24h (ou 200 µg/min)). Le diagnostic de néphropathie débutante est posé lorsque deux prélèvements réalisés dans un délai de six mois présentent des valeurs supérieures aux valeurs normales. A ce stade, un bon contrôle glycémique permet de faire régresser la microalbuminurie.

Au *stade 4*, environ quinze ans après le diagnostic de diabète, la néphropathie avérée est un stade irréversible qui se caractérise par une protéinurie persistante (albuminurie > 300 mg/24h). De nombreux malades développent une hypertension à ce stade.

Au *stade 5*, l'insuffisance rénale terminale est une destruction fonctionnelle du rein qui ne peut plus assurer ses fonctions de filtration. La dialyse est alors nécessaire voire une transplantation rénale. [25]

Chez l'enfant, aucune microalbuminurie persistante n'apparaît avant deux ans d'évolution du diabète et avant le début de la puberté. Chez l'adolescent, la prévalence de la microalbuminurie est de 7 à 8 %. Cependant, la microalbuminurie n'est pas irréversible puisque dans un tiers des cas elle a disparu six ans plus tard, d'autant plus que l'équilibre glycémique a été satisfaisant. [26]

#### ➤ Facteurs de risque

Les facteurs de risque sont :

- la qualité du contrôle glycémique (l'augmentation de 1 % de l'hémoglobine glyquée HbA1c multiplie par 1,39 le risque de développer une microalbuminurie) [27]

L'HbA1c constitue le paramètre de référence dans la surveillance de l'équilibre glycémique d'un patient diabétique. En effet, cette hémoglobine glyquée reflète la glycémie des deux à trois mois précédents le dosage, puisque le glucose se fixe sur l'hémoglobine et s'accumule dans les globules rouges pendant toute leur durée de vie soit environ 120 jours. Le prélèvement se fait sur du sang veineux et doit être effectué quatre fois par an. Selon les recommandations de la Haute Autorité de Santé (HAS), l'objectif chez un diabétique de type 1 est de maintenir l'HbA1c à moins de 7,5 %. [12]

- l'ancienneté du diabète
- les antécédents familiaux (le risque de développer une néphropathie est multiplié par 4 si un parent a un problème cardiovasculaire ou rénal).

#### ➤ Surveillance

Pour dépister et suivre la néphropathie, la recherche d'une microalbuminurie est effectuée une fois par an. De plus, la filtration glomérulaire est mesurée par la créatinémie

et le calcul de la clairance de la créatinémie (formule de Cockroft), également effectués une fois par an. [12]

#### ➤ Traitement

Le contrôle glycémique constitue l'objectif prioritaire pour la prévention.

Le traitement doit être instauré au stade de néphropathie débutante et il comporte :

- une amélioration de l'HbA1c, qui permet de stabiliser la néphropathie au stade de microalbuminurie et limite la progression vers une néphropathie avérée
- une normalisation de la pression artérielle par des inhibiteurs de l'enzyme de conversion, efficaces sur la prévention de la progression vers le stade ultérieur et sur la préservation de la fonction rénale.

Les règles hygiéno-diététiques doivent aussi être respectées pour éviter l'évolution de la néphropathie : l'arrêt du tabac, une consommation protéique limitée à 0,4 - 0,6 g/kg/jour, une diminution des apports sodés. [24]

#### c) La neuropathie diabétique

Les neuropathies diabétiques représentent actuellement la cause de neuropathie la plus fréquente dans les pays industrialisés. Les facteurs déterminant la survenue d'une neuropathie diabétique sont l'équilibre glycémique et la durée du diabète, comme pour la rétinopathie et la néphropathie. [28] Cependant, certains diabétiques ne développent pas de neuropathie, même après vingt ans d'évolution. Ainsi d'autres facteurs élèvent le risque de neuropathie : le tabagisme, une forte consommation d'alcool, une insuffisance rénale et peut-être des facteurs génétiques ou nutritionnels. [29]

Les neuropathies diabétiques sont très rares chez les enfants, mais peuvent néanmoins se rencontrer sous forme de polynévrites, de mononévrites ou de multinévrites chez l'adolescent. [30]

## ➤ Classification

Trois grands types de neuropathie diabétique sont décrits :

- les polyneuropathies diabétiques sensitivomotrices « longueur dépendante »
- les neuropathies diabétiques focales : mononévrites, multinévrites
- la dysautonomie diabétique.

La **polyneuropathie diabétique** est la complication neurologique la plus fréquente du diabète, heureusement le plus souvent asymptomatique. Elle représente plus de 80 % des neuropathies diabétiques.

Le tableau est dominé par des manifestations sensibles : paresthésies (fourmillements, engourdissements) et perte de sensibilité, touchant initialement les membres inférieurs (pied) et gagnant progressivement les membres supérieurs (mains puis bras...). L'évolution ne se fait jamais vers l'amélioration ; au mieux la neuropathie restera stable.

Un contrôle glycémique strict diminue le risque d'aggravation, mais des complications peuvent émailler le cours de cette neuropathie, en particulier la survenue de douleurs neuropathiques ou des troubles trophiques. Les douleurs sont exacerbées la nuit, parfois intolérables avec sensation d'écrasement ou de brûlures. Les troubles trophiques comportent essentiellement les maux perforants plantaires et les ostéoarthropathies nerveuses, touchant quasi exclusivement les pieds. La dénervation sensitive joue un rôle déterminant dans leur apparition quand le patient a gardé la force de marcher.

Les **atteintes focales** (uniques ou multiples) éventuellement avec atteinte des nerfs crâniens, sont beaucoup plus rares que les polyneuropathies diabétiques.

La neuropathie diabétique proximale des membres inférieurs est une des formes les plus courantes de neuropathie focale. Elle est caractérisée par la survenue brutale de douleurs, souvent comparées à des brûlures, de la face antérieure de la cuisse. Ces douleurs sont tenaces, exacerbées la nuit, insomniantes, déprimantes. Secondairement une amyotrophie de la cuisse se forme. L'évolution se fait vers l'amélioration en quelques mois

avec cependant une persistance des séquelles (faiblesse et amyotrophie proximale, perte de sensibilité, aréflexie rotulienne).

Les paralysies oculomotrices atteignent les nerfs moteurs oculaires commun (III) et externe (VI). L'installation de la paralysie est fréquemment précédée de douleurs oculaires, périorbitaires voire hémicrâniennes pendant quelques jours.

La **dysautonomie diabétique** (atteinte du système nerveux autonome) est une des particularités de la neuropathie diabétique. Elle touche de nombreux systèmes et organes et peut mettre en jeu le pronostic vital.

Cette neuropathie autonome peut comporter :

- une hypotension orthostatique
- des troubles mictionnels : espacement du besoin d'uriner, affaiblissement de la puissance du jet, vessie non vidée complètement avec risque d'infection urinaire parfois sévère
- des troubles digestifs : gastroparésie le plus souvent asymptomatique, pouvant se révéler par des vomissements d'aliments non digérés et pouvant être à l'origine d'un déséquilibre du contrôle du diabète, des crises de diarrhées survenant le plus souvent la nuit ou après les repas, incontinence anale
- des troubles de la motilité pupillaire : ralentissement des réactions pupillaires
- des accès d'hypersudation au niveau du haut du thorax et du dos. [28]

#### ➤ Traitement

Le traitement des différentes neuropathies est tout d'abord étiologique. Dans la mesure où les complications du diabète sont en partie une conséquence de l'hyperglycémie prolongée, il est logique d'essayer d'obtenir le meilleur contrôle glycémique possible.

Le traitement est également symptomatique.

Face à des douleurs neuropathiques, lorsque l'effet des antalgiques non spécifiques s'avère insuffisant, les données actuelles sont en faveur de l'utilisation des antidépresseurs imipraminiques.

En cas d'échec des imipraminiques, un recours à la carbamazépine (TEGRETOL®) ou à la gabapentine (NEUROTIN®) peut être envisagé ou l'utilisation d'antidépresseurs inhibiteurs sélectifs de la recapture de la sérotonine (IRS) comme la paroxétine (DEROXAT®) et le citalopram (SEROPRAM®), est possible car ils exposent à moins d'effets anticholinergiques sédatifs que les imipraminiques, mais ils paraissent moins efficaces. [29] Plus récemment utilisées, la prégabaline (LYRICA®) et la duloxétine (CYMBALTA®) donnent de bons résultats dans les neuropathies diabétiques douloureuses avec des effets indésirables tolérables. [28]

Le patient doit être prévenu que l'efficacité des médicaments sur les douleurs neuropathiques du diabète est le plus souvent partielle. La recherche du traitement optimal se fait à tâtonnement avec la possibilité de survenue d'effets indésirables. [29]

## 2. Les complications macrovasculaires

L'enfant diabétique de type 1 ne présente pas de complications cardiovasculaires à expression clinique.

La macroangiopathie diabétique désigne l'atteinte des artères de gros et moyen calibre, caractérisée par une athérosclérose, qui est plus précoce et plus sévère chez le diabétique que chez le non-diabétique.

Les complications de l'athérosclérose sont :

- les accidents vasculaires cérébraux (AVC), qui entraînent le plus souvent des micro-infarctus responsables de lacunes, en particulier s'il existe une hypertension artérielle
- l'ischémie myocardique, qui est deux à trois fois plus fréquemment indolore chez le diabétique que chez le non-diabétique
- l'artérite des membres inférieurs, qui est souvent indolore en raison de son association à la neuropathie.

La prévention de ses complications passe par un contrôle optimal des facteurs de risque associés : équilibre glycémique, dyslipidémie, hypertension artérielle, tabagisme. [31]

Les enfants diabétiques ont plus de risque de développer des maladies athérosclérotiques à l'âge adulte que les enfants non diabétiques. Cependant, les signes d'atteinte macrovasculaire sont généralement modérés chez l'enfant et l'adolescent ; il s'agit d'une élévation progressive de la pression artérielle, d'une athérosclérose carotidienne, d'une altération de la fonction ventriculaire gauche et d'une altération de la fonction endothéliale. [5]

### 3. Les autres complications

#### a) Le pied diabétique

Des différentes complications du diabète, le pied diabétique est l'une des plus redoutée par les patients, car elle implique le risque d'amputation si les soins des pieds sont négligés.

L'éducation des enfants dès leur plus jeune âge est donc primordiale puisqu'ils sont très exposés à des blessures et que l'hygiène n'est pas toujours respectée.

Les causes du pied diabétique sont :

- le diabète lui-même avec l'atteinte vasculaire, nerveuse et les infections
- l'environnement avec le mode de vie, l'hygiène des pieds, le choix des chaussures...

La neuropathie entraîne une hypoesthésie thermoalgique supprimant ainsi le symptôme d'alerte (la douleur) qui assure habituellement la protection du pied contre les agressions (ampoules, durillons, ongles mal taillés, brûlures...). Sur un pied neuropathique insensible, toutes ces agressions deviennent des portes d'entrée à des plaies chroniques. L'absence de douleur est responsable d'un retard majeur aux soins de ces plaies. Par ailleurs, la neuropathie est responsable de l'apparition de zones d'hyperpression, secondaires aux

déformations acquises et susceptibles d'entraîner une hyperkératose et une ulcération sous-jacente, appelée mal perforant plantaire (figure 6). [32]



**Figure 6 : Mal perforant plantaire [33]**

En cas d'artériopathie (essentiellement rencontrée chez les diabétiques adultes), un traumatisme, même minime, surtout sur les faces latérales et dorsales du pied et des orteils, peut entraîner rapidement une ulcération. Etant donné que les plaies cicatrisent moins rapidement en raison de la diminution de la perfusion distale du pied, le risque d'infection de la plaie est plus grand. [34]

La plupart du temps, la plaie est d'origine mécanique : frottement d'une chaussure, blessure à partir d'un durillon, ongle incarné non soigné, coricides... La plaie passe inaperçue en raison de la neuropathie associée et cette plaie non soignée va s'infecter, entraînant dans un premier temps une infection des tissus mous, puis par contiguïté, une infection des structures ostéo-articulaires. [32]

La prévention et l'hygiène restent les meilleurs moyens d'éviter les problèmes podologiques.

#### b) Les complications cutanées

54 % des diabétiques de type 1 présentent des manifestations cutanées en dehors du pied diabétique.

Les causes de ces complications cutanées sont :

- l'hyperglycémie chronique, qui entraîne une diminution de la souplesse et une perte de résistance de la peau
- la microangiopathie et la macroangiopathie, par diminution du flux sanguin, qui limitent des défenses de l'organisme (afflux de polynucléaires vers une lésion cutanée). Les plaies des diabétiques cicatrisent donc très mal et évoluent fréquemment vers des ulcérations.
- la neuropathie, qui cause une perte de sensibilité, ainsi les lésions sont indolores avant un stade profond, ce qui retarde les soins et est à l'origine de nombreuses amputations.

Les complications cutanées sont classées en trois grands groupes :

#### LES DERMATOSES ASSOCIÉES AU DIABÈTE

- **nécrobiose lipoïdique** (ou maladie d'Oppenheim-Urbach) : lésion bilatérale, symétrique, asymptomatique, sur les faces antérieures des jambes, sous forme de papules confluentes
- **granulome annulaire** : petites papules érythémateuses, asymptomatiques, sur les faces d'extension des membres, en particulier sur le dos des pieds ou des mains
- **vitiligo** : larges plaques maculeuses de dépigmentation cutanée sur les faces d'extension des membres ou autour des orifices.

#### LES DERMATOSES LIÉES AUX COMPLICATIONS DU DIABÈTE

- les complications aiguës
  - **infections bactériennes à cocci gram positif** : folliculite, furonculose, impétigo
  - **infections mycosiques** : candidose oropharyngée, perlèche, vulvovaginite, balanite, onychomycose
  - **xanthomatose éruptive** : papules jaunâtres entourées d'un halo érythémateux, pouvant être prurigineux et douloureux.

- les complications chroniques
  - **mal perforant plantaire**
  - **bullose des diabétiques** : bulles spontanées en peau saine surtout sur des zones de frottement
  - **dermopathie diabétique** : lésions atrophiques hyperpigmentées bilatérales, sur la face tibiale des membres inférieurs
  - **prurit** : généralisé ou limité aux organes génitaux.

#### LES DERMATOSES LIÉES AUX TRAITEMENTS DU DIABÈTE

- **réactions cutanées aux insulines** : réactions allergiques, abcès.

Donc les lésions cutanées ne doivent pas être négligées, puisqu'elles peuvent soit révéler un diabète soit être l'indicateur visible d'un mauvais contrôle glycémique, source de complications internes. [35]

#### c) Les complications ostéo-articulaires

Certaines atteintes rhumatologiques sont plus fréquentes chez les patients diabétiques que dans la population générale :

- la capsulite rétractile (limitation de la mobilité articulaire de l'épaule)
- la chéiroarthropathie (limitation de la flexion et de l'extension des doigts)
- le syndrome du canal carpien (paresthésie, hypoesthésie des doigts)
- le doigt à ressaut (blocage en flexion d'un doigt dû à la présence d'un nodule sur le tendon fléchisseur du doigt)
- la maladie de Dupuytren (épaississement chronique palpable de l'aponévrose palmaire limitant l'extension des doigts).

L'enraidissement des articulations est liée à l'hyperglycémie chronique, qui provoque la glycation du collagène. Cette glycation est d'autant plus intense que l'hyperglycémie est ancienne et prolongée, et elle n'est pas réversible après l'équilibre du diabète. Ainsi un bon équilibre du diabète constitue le seul moyen préventif. [36]

De plus, l'ostéopénie rachidienne et périphérique est fréquemment observée au cours du diabète de type 1.

Ce type de complication ne se rencontre que chez les diabétiques à l'âge adulte.

#### d) Les complications bucco-dentaires

Les problèmes bucco-dentaires sont plus fréquents chez les diabétiques que chez les non diabétiques. Les plus fréquemment rencontrés sont la gingivite, la parodontite qui, non traitée, peut entraîner la perte de dents, la xérostomie qui contribue à la survenue de carie, l'altération du goût. Les facteurs de risque sont un mauvais contrôle glycémique, la durée du diabète, le tabac.

Ainsi le suivi dentaire des patients diabétiques s'avère important (au moins une consultation par an) et la prévention des maladies bucco-dentaires indispensable dès le plus jeune âge (brossage des dents après chaque repas). [37]

## VII- Traitement

Le traitement du diabète a pour but la prévention primaire des complications à long terme (microangiopathie et macroangiopathie). Dès le début de la maladie, il est indispensable que les enfants et les adolescents s'efforcent d'obtenir le meilleur équilibre glycémique possible, ce qui est évalué par les dosages de l'hémoglobine glyquée (HbA1c) qui doivent approcher 7 à 7,5 %.

Le traitement repose sur l'insulinothérapie par voie sous-cutanée, dont les modalités et la dose dépendent de chaque enfant, ainsi que sur le régime alimentaire et sur l'activité physique. [38]

## A- Insulinothérapie

L'insuline est le moyen principal du traitement du diabète de type 1 et son efficacité ne peut s'envisager qu'au sein d'un changement de vie et d'une prise en charge médicale.

### 1. Structure de l'insuline

Isolée et purifiée par Banting et Best en 1921, l'insuline fut introduite pour la première fois en clinique en 1922.

L'insuline est une hormone constituée de deux chaînes peptidiques : une chaîne A avec 21 acides aminés et une chaîne B avec 30 acides aminés. Ces deux chaînes sont reliées par deux ponts disulfures (figure 7).

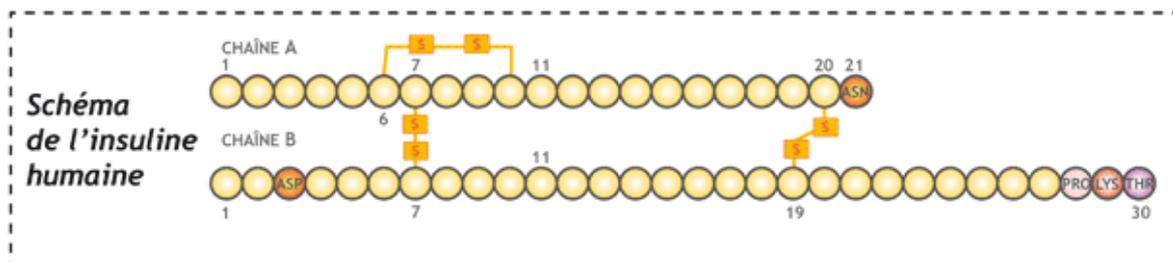


Figure 7 : Schéma de l'insuline humaine [40]

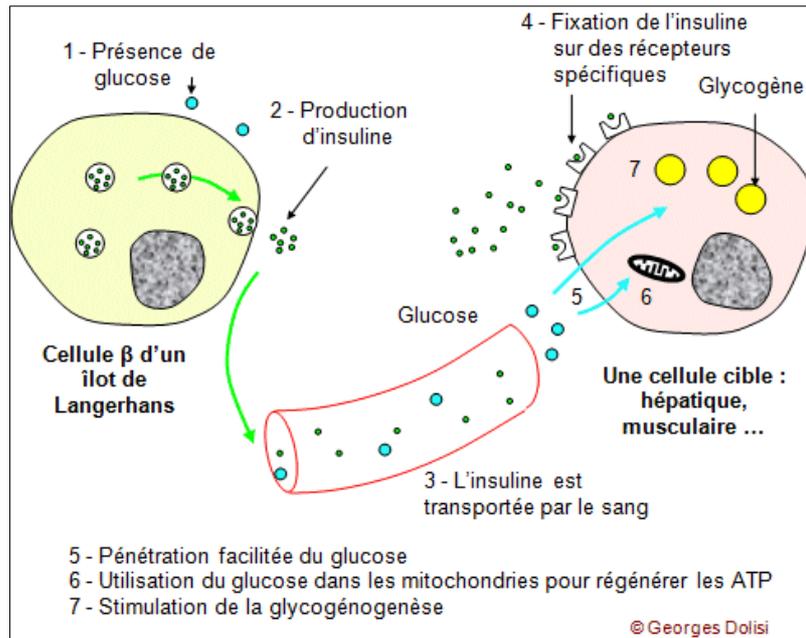
La synthèse de l'insuline s'effectue par les cellules  $\beta$  des îlots de Langerhans du pancréas. [39]

### 2. Le rôle de l'insuline

L'insuline agit sur différents métabolismes : glucidique, lipidique et protéique.

L'action hypoglycémiante de l'insuline résulte de deux actions :

- la réduction de la libération de glucose au niveau du foie. L'insuline inhibe la dégradation du glycogène en glucose et favorise la synthèse du glycogène.
- l'augmentation de la captation du glucose et de son utilisation par certains tissus, en particulier le muscle et le tissu adipeux (figure 8).



**Figure 8 : Action hypoglycémiante de l'insuline [41]**

Au niveau du métabolisme lipidique, l'insuline inhibe la lipolyse et favorise la synthèse lipidique au niveau du foie et du tissu adipeux.

L'insuline a une action anabolisante protéique par diminution de la protéolyse et par stimulation de la synthèse protéique.

L'insuline a aussi un effet hypokaliémant et elle inhibe la sécrétion de glucagon (hormone hyperglycémiante). [39]

### 3. Les différentes insulines [42]

Les insulines actuellement utilisées en France ne sont plus que d'une seule origine : l'insuline humaine obtenue par génie génétique.

Les insulines sont inscrites sur la liste II des substances vénéneuses et depuis 2000, toutes les insulines sont concentrées à la dose de 100 UI/mL, quels que soient la présentation et le fabricant, sauf l'insuline INSUPLANT® utilisée pour la pompe implantable, qui est concentrée à 400 UI/mL.

Les caractéristiques cinétiques (délai d'action, pic d'action et durée d'action) permettent de définir l'utilisation préférentielle de tel type d'insuline ou de leur combinaison dans les schémas thérapeutiques.

#### a) Les insulines d'action rapide

Les **analogues d'insuline rapide** sont obtenus par une modification de certains acides aminés de la chaîne polypeptidique de la molécule d'insuline. Ainsi ces analogues ultrarapides sont actifs immédiatement après l'injection. En effet, leur délai d'action est de 15 minutes et leur durée d'action est de 4 à 5h. L'injection sous-cutanée est donc réalisée au moment de chaque repas.

- insuline lispro HUMALOG®
- insuline asparte NOVORAPID®
- insuline glulisine APIDRA®

Les **insulines rapides** (insulines ordinaires) s'agglomèrent dans le flacon en hexamères et ceux-ci doivent être dissociés en monomères dans le tissu sous-cutané pour pouvoir exercer leur action. En conséquence, l'effet hypoglycémiant de ces insulines commence environ 30 minutes après l'injection sous-cutanée, puis disparaît en 6 à 8h. L'insuline doit alors être injectée 20 minutes avant les trois principaux repas. Cette insuline est une solution limpide et c'est la seule qui peut être également administrée en intraveineux, en particulier dans le traitement de l'acidocétose aigüe.

- ACTRAPID®
- UMULINE® Rapide
- INSUMAN® Rapide

b) Les insulines d'action prolongée

Les **insulines d'action intermédiaire** ou les insulines NPH (Neutral Protamin Hagedorn) sont obtenues par addition de protamine à l'insuline classique, dans le but de ralentir la résorption de l'insuline au niveau du tissu sous-cutané. De ce fait, leur action débute une heure après l'injection, avec un pic d'action entre la 5<sup>ème</sup> et la 10<sup>ème</sup> heure, et leur durée d'action est de 10 à 24h. Ce sont des suspensions laiteuses à agiter avant emploi.

- INSULATARD® NPH
- UMULINE® NPH
- INSUMAN® Basal

Les **insulines d'action lente** sont des analogues de l'insuline obtenus par des modifications de la structure de l'insuline classique, pour stabiliser les hexamères et ainsi augmenter le délai d'action (environ 2h) et la durée d'action de l'insuline (jusqu'à 24h). L'insuline glargine a une action plus lente et plus prolongée que l'insuline détemir et elle n'a pas de pic d'action.

- insuline glargine LANTUS®
- insuline détemir LEVEMIR®

c) Les insulines prémélangées ou biphasiques

Ce sont des suspensions composées d'une insuline rapide ou d'un analogue d'insuline rapide et d'une insuline d'action intermédiaire. Le chiffre qui suit le nom de la spécialité correspond au pourcentage d'insuline rapide dans le mélange. Par exemple, NOVOMIX® 30 est composé de 30 % d'analogue rapide (insuline asparte soluble) et de 70 % d'insuline d'action intermédiaire (protamine cristallisée d'insuline asparte) (figure 9).



Figure 9 : Novomix® 30 Flexpen [43]

Le délai d'action de ces insulines biphasiques est de 15 à 30 minutes et leur durée d'action varie de 12 à 24h selon l'insuline intermédiaire utilisée dans le mélange. Ce sont des suspensions laiteuses à agiter avant emploi.

- insuline rapide + insuline d'action intermédiaire
  - MIXTARD® 30
  - UMULINE® Profil 30
  - INSUMAN® Comb 15
  - INSUMAN® Comb 25
  - INSUMAN® Comb 50
  
- analogue rapide + insuline d'action intermédiaire
  - NOVOMIX® 30
  - NOVOMIX® 50
  - NOVOMIX® 70
  - HUMALOG® Mix 25
  - HUMALOG® Mix 50

#### 4. Effets indésirables de l'insuline

L'*hypoglycémie* est la complication la plus fréquente de l'insulinothérapie, en particulier en début de traitement. En effet, celle-ci peut-être due à une erreur d'administration (erreur de dose, de type d'insuline...) ou une modification des habitudes de vie (repas sauté, exercice physique inhabituel, prise d'alcool...). Les symptômes de l'hypoglycémie doivent être bien connus par le jeune diabétique : sensation de fatigue, sueur, pâleur, sensation de faim.

L'*allergie locale* est fréquente. Une rougeur, un œdème et des démangeaisons peuvent survenir au point d'injection. Ces réactions sont en général transitoires et disparaissent habituellement lors de la poursuite du traitement en quelques jours ou semaines. Des réactions locales peuvent également être le fait des excipients (le métacrésol, présent dans toutes les spécialités d'insuline ou le phénol, présent dans certaines spécialités : INSUMAN® Comb, INSULATARD®, MIXTARD®, NOVORAPID®, NOVOMIX®, UMULINE® NPH, UMULINE® Profil,).

L'*allergie générale*, rare, se manifeste par de l'urticaire, une oppression thoracique, une dyspnée, un prurit ou un choc anaphylactique qui peut engager le pronostic vital.

Une *lipodystrophie* peut apparaître au site d'injection. Elle correspond à des anomalies du tissu adipeux sous-cutané et se manifeste par une atrophie ou par une hypertrophie du tissu graisseux. Une lipodystrophie est favorisée par des injections répétées sur un même site d'injection. Il ne faut pas injecter l'insuline dans une zone de lipodystrophie car la résorption locale de l'insuline peut être retardée.

Des *troubles oculaires*, tels que des anomalies de la réfraction, sont possibles en début de traitement mais sont habituellement transitoires.

L'administration d'insuline peut provoquer la formation d'anticorps anti-insuline. Leur présence signifie une *résistance à l'insuline* puisqu'elle nécessite d'augmenter les doses d'insuline pour conserver un même équilibre glycémique. [39], [44]

## 5. Contre indications à l'insuline

Les seules contre-indications à l'emploi de l'insuline sont :

- l'hypoglycémie
- l'allergie à l'insuline humaine ou à l'un des excipients. [44]

## 6. Interactions médicamenteuses avec l'insuline

Les médicaments susceptibles de potentialiser l'activité hypoglycémiant de l'insuline sont les inhibiteurs de l'enzyme de conversion (IEC), les antidiabétiques oraux, les inhibiteurs de la monoamine oxydase (IMAO), les salicylés et les  $\beta$  bloquants non sélectifs. Ainsi les besoins en insuline sont diminués lors de l'administration de ces substances et lors de la prise d'alcool.

Les médicaments susceptibles de réduire l'activité hypoglycémiant sont les glucocorticoïdes, le danazol, les sympathomimétiques, les hormones thyroïdiennes, les thiazidiques et les contraceptifs oraux. Les besoins en insuline sont augmentés lors de la prise de ces produits. [39]

## 7. Les précautions d'emploi de l'insuline

Compte tenu des risques d'hypoglycémie, les patients diabétiques doivent être informés d'une éventuelle diminution des capacités de concentration et des réflexes lors de la conduite automobile ou lors de l'usage de machines.

Pendant la grossesse, les besoins en insuline chutent en général au cours du premier trimestre et augmentent au cours des deuxième et troisième trimestres. De ce fait, les patientes diabétiques doivent avertir leur médecin si elles sont enceintes ou envisagent une grossesse. [44]

## 8. Voies d'administration de l'insuline

L'administration intraveineuse constitue la voie d'urgence de véhiculer une insuline d'action rapide en solution.

La voie sous-cutanée est la voie classique d'administration de l'insuline.

## 9. Les schémas d'insulinothérapie chez les enfants

### a) Schéma à deux injections

Une injection deux fois par jour est le schéma le plus utilisé chez les enfants âgés de moins de 10 ans. Une injection, constituée d'un mélange d'insuline rapide et d'insuline intermédiaire, est administrée avant le repas du matin et avant le repas du soir (figure 10). Ainsi l'enfant doit préparer le mélange dans la seringue ou utiliser un stylo pré-rempli, sachant que chaque mélange comprend environ 30 % d'insuline rapide. Les deux tiers de la dose quotidienne en insuline sont administrés avant le petit déjeuner. Ce schéma est choisi pour l'enfant car il évite une injection d'insuline à l'école.

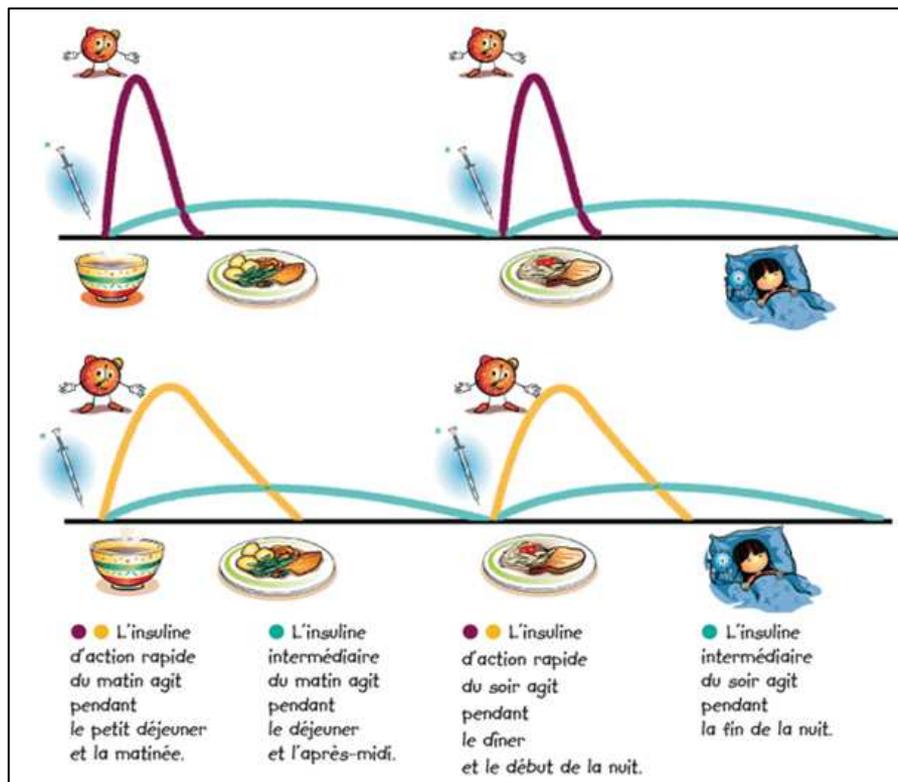


Figure 10 : Schéma à deux injections [45]

## b) Schéma à trois injections

Ce schéma correspond à une injection :

- le matin d'un mélange d'insuline rapide et d'insuline intermédiaire (figure 11) ou d'une insuline rapide seulement
- le midi d'une insuline rapide
- le soir d'un mélange d'insuline rapide et d'insuline intermédiaire.

L'inconvénient de ce schéma est la nécessité de la réalisation d'un mélange extemporané.

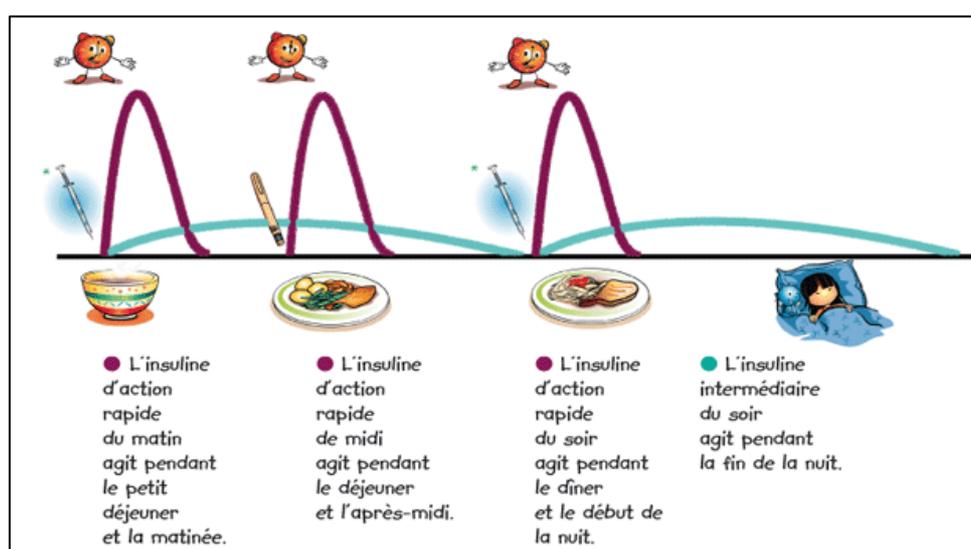


Figure 11 : Schéma à trois injections [45]

## c) Schéma à quatre injections

Le traitement par injections multiples utilisant les stylos injecteurs est plus adapté pour les adolescents. Il permet une plus grande souplesse dans la vie quotidienne (possibilité de varier les horaires des repas, de se lever plus tard le week-end...).

Ce schéma, appelé « basal-prandial », tend à mimer l'insulinosécrétion physiologique au moment des repas, tout en assurant une couverture insulinaire interprandiale et en cours de nuit. En effet, une injection d'insuline rapide ou d'un analogue rapide est effectuée avant chacun des trois repas de la journée et une injection d'insuline lente (type glargine) est effectuée au moment du coucher (figure 12). Cette thérapeutique permet de réduire la fréquence des hypoglycémies nocturnes. [3]

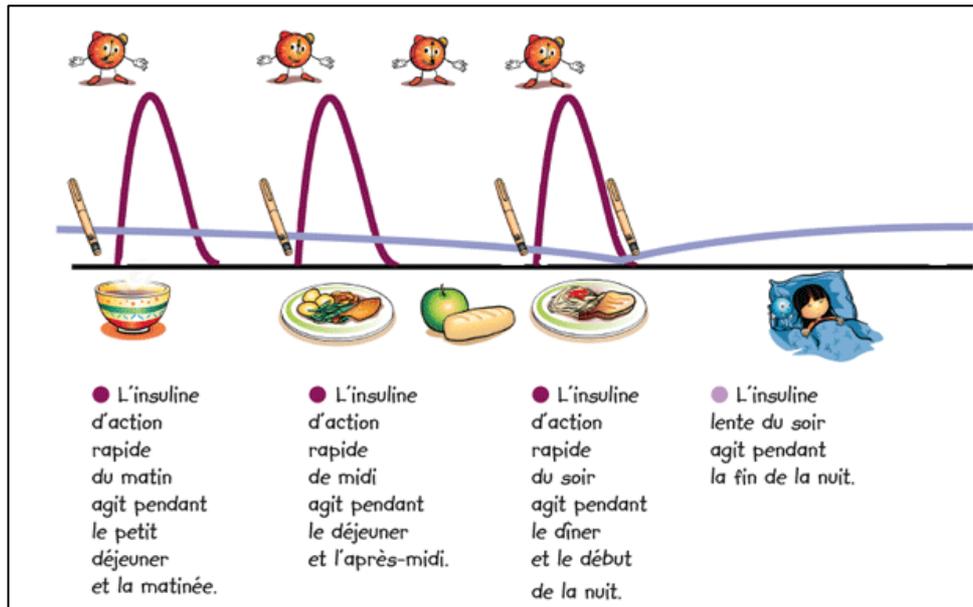


Figure 12 : Schéma à quatre injections [45]

## 10. Les différents systèmes d'injection de l'insuline

### a) Les seringues à insuline

Les seringues à insuline à usage unique munies d'aiguilles sont graduées en unité d'insuline. Selon la dose à injecter, l'enfant diabétique utilise (figure13) :

- des seringues de 0,3 mL, contenant 30 unités d'insuline
- des seringues de 0,5 mL, contenant 50 unités d'insuline
- des seringues de 1 mL, contenant 100 unités d'insuline. [46]

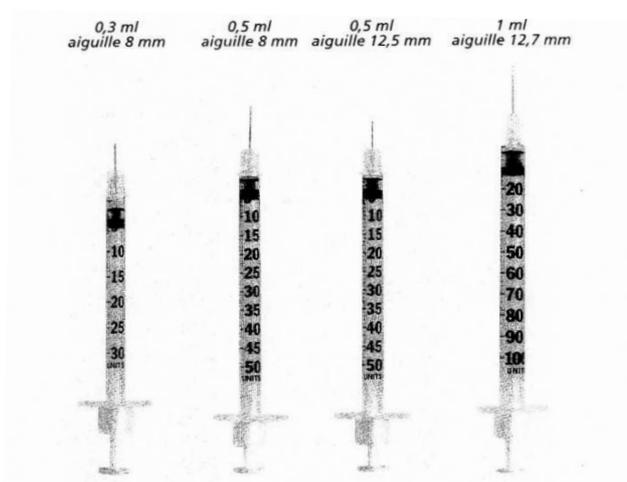


Figure 13 : Les différentes seringues disponibles (modèles Becton Dickinson) [10]

L'utilisation des seringues à insuline présente des inconvénients tels qu'un risque d'erreur en cas de formation de bulles d'air ou de mauvais prélèvement dans le flacon. De plus, les graduations très fines sont difficilement lisibles pour les patients ayant une faible acuité visuelle.

En revanche, ces seringues ont l'avantage de permettre la réalisation de mélanges d'insuline simultanément et donc une adaptation séparée au cas par cas de chacun des éléments du mélange (contrairement aux insulines pré-mélangées).

Cependant, ce système d'injection est de moins en moins utilisé. [47]

#### b) Les stylos à insuline

Les stylos à insuline sont de véritables seringues pré-remplies. Ils sont de deux types : jetables ou rechargeables. Les modèles se différencient par leur principe de fonctionnement, le volume maximal programmable par injection et le pas de réglage (1 ou 2 unités).

Les stylos pré-remplis jetables (FlexPen<sup>®</sup>, Innolet<sup>®</sup>, Pen<sup>®</sup>, Kwikpen<sup>®</sup> (figure 14), Solostar<sup>®</sup>, Optiset<sup>®</sup>) constituent actuellement le mode d'injection le plus dispensé. Lorsque la totalité de l'insuline contenue dans le réservoir est utilisée, le stylo est jeté.



**Figure 14 : Stylo Humalog<sup>®</sup> Kwikpen<sup>™</sup> [48]**

Les stylos à insuline rechargeables (HumaPen<sup>®</sup> (figure 15), Novopen<sup>®</sup>, Klikstar<sup>®</sup> (figure 16)) sont plus robustes et plus lourds que les jetables. Ils nécessitent une manipulation supplémentaire : l'insertion d'une cartouche d'insuline de 3 mL (soit 300 UI). [47]



**Figure 15 : Stylo HumaPen<sup>®</sup> Luxura [49]**



**Figure 16 : Stylo Klikstar<sup>®</sup> [50]**

### c) Les pompes à insuline

#### ➤ La pompe à insuline externe

L'insulinothérapie par pompe externe est assurée par un dispositif programmable d'infusion continue d'insuline ultrarapide ou rapide par voie sous-cutanée.

Cette infusion continue d'insuline permet de mieux reproduire l'insulinosécrétion physiologique basale en s'adaptant en particulier aux besoins classiquement plus faibles de milieu de nuit et elle diminue le risque d'hypoglycémies sévères.

Actuellement il existe trois fabricants de pompes à insuline externes : Medtronic (Paradigm Real Time 522/722®, Paradigm Veo 554/754®), Novalab (Animas 2020®) et Roche Diagnostics (Accu-Chek Combo®, Accu-Chek D-TRON Plus®).

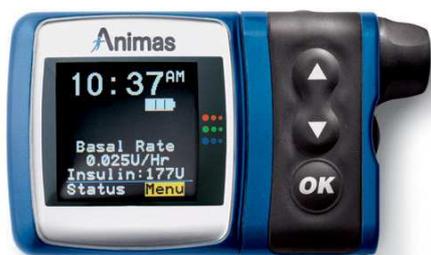


Figure 17 : La pompe Animas 2020® [51]



Figure 18 : La pompe Accu-Chek D-TRON Plus® [52]

La pompe externe est composée d'un boîtier électronique programmable de petite taille, qui permet de délivrer sous la peau de l'insuline en continu à partir d'un réservoir d'insuline (de 180 à 300 UI), et un cathéter reliant le réservoir à la canule maintenue sur la peau par un adhésif de sécurité résistant.

Cette pompe fonctionne avec une pile variable selon les modèles, ayant une autonomie pouvant aller jusqu'à deux mois. Les pompes sont équipées de nombreuses alarmes prévues en cas de réservoir vide, de pile faible, d'occlusion du cathéter...

L'enfant porte la pompe à insuline sur lui en permanence (24 h/24 et 7 jours/7). Elle peut être placée dans un étui ou une pochette et être clipsée au niveau de la ceinture du pantalon, attachée à la cuisse, au bras ou accrochée au soutien-gorge. Des harnais sont aussi

disponibles pour ceux qui pratiquent un sport non violent. Cependant certaines activités nécessitent de se déconnecter pendant une courte durée (maximum 2h) grâce à un cathéter déconnectable.

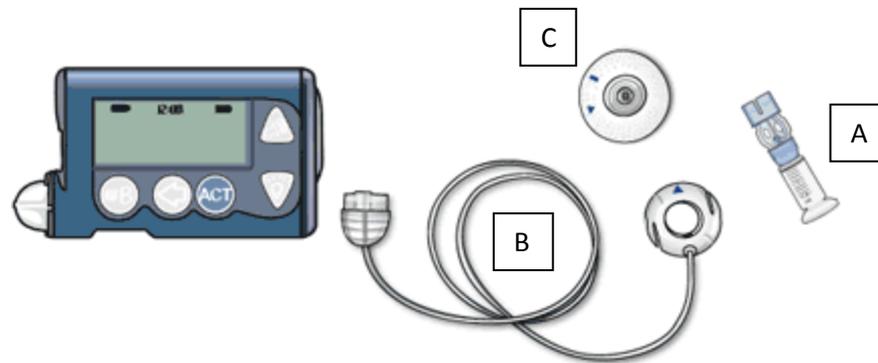


Figure 19 : Eléments d'une pompe à insuline externe [53]

Le **réservoir d'insuline** (A) se présente sous la forme d'une seringue. Le patient doit le remplir à l'aide d'une aiguille qui est fournie et un flacon d'insuline. Certaines pompes utilisent directement certaines des cartouches disponibles en pharmacie (par exemple la cartouche HUMALOG® pour la pompe Accu-Chek D-TRON Plus®).

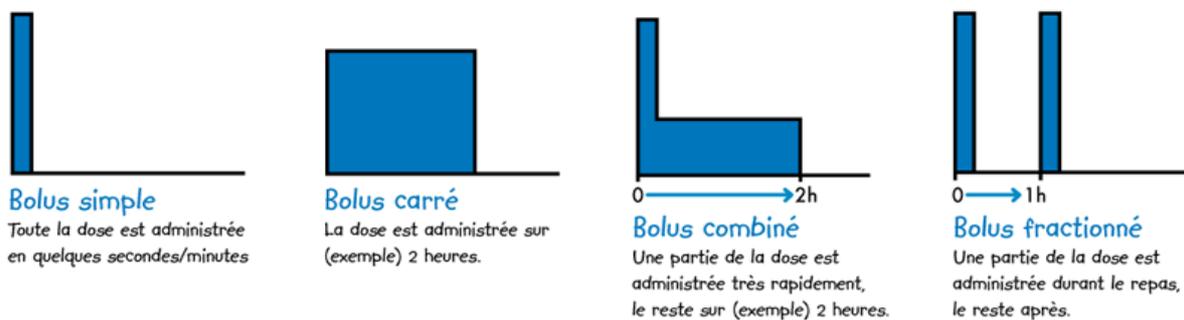
Le **cathéter** est constitué d'une tubulure (B) et d'une canule (C). Il existe divers modèles de cathéters selon la longueur de la tubulure, la longueur de la canule et l'angle d'insertion de la canule.

Les sites de perfusion recommandés pour la mise en place du cathéter sont l'abdomen (à 4 cm de chaque côté du nombril), les fesses, et plus exceptionnellement les bras et les cuisses.

Le réservoir et le cathéter doivent être changés tous les deux ou trois jours au maximum afin d'éviter les risques d'obstruction du cathéter. A chaque changement de cathéter, la zone d'insertion doit être différente d'au moins 2 cm de l'ancienne, pour éviter les problèmes cutanés (infection, lipodystrophie...).

La pompe permet d'administrer en continu une insuline rapide en très petites quantités. Cette diffusion correspond au débit de base, qui est préalablement réglé par le patient en accord avec son diabétologue. Les besoins en insuline varient au cours de la journée et donc il est possible de programmer plusieurs débits de base.

Avant chaque repas, l'enfant programme la pompe pour qu'elle délivre un bolus, qui est un apport supplémentaire d'insuline. Les bolus se font en fonction de la quantité de glucides présente dans l'alimentation et peuvent être administrés sous plusieurs formes (figure 20). [53, 54]



**Figure 20 : Les différents types de bolus [53]**

Le bolus simple correspond à la dose d'insuline administrée en une seule fois sur quelques secondes avant un repas. Ce type de bolus est le plus utilisé.

Le bolus carré est un bolus d'insuline administré sur une période étendue (par exemple 2 h). Il est utilisé si le repas est trop riche en graisse ou si le repas dure longtemps (banquet).

Le bolus combiné correspond à une partie de la dose administrée très rapidement suivie d'une autre partie administrée sur une période définie. Celui-ci peut être utilisé lorsque le repas comprend à la fois des glucides d'absorption lente et des glucides d'absorption rapide.

Le bolus fractionné est une dose d'insuline administrée en deux fois sur quelques secondes chacune, avec un intervalle de temps défini. Ce bolus est utilisé si le repas est trop riche en graisse ; une partie de la dose est administrée avant le repas et l'autre partie après le repas.

Les patients qui justifient un traitement par pompe externe sont ceux qui ont une HbA1c élevée malgré un traitement par multi-injections bien conduit, des hypoglycémies sévères ou non ressenties ou une variabilité importante des glycémies d'un jour à l'autre.

L'infusion continue d'insuline est également intéressante dans la population pédiatrique. En effet, chez les tout petits elle permet d'administrer de toutes petites doses et à l'adolescence elle améliore le confort de vie en laissant plus de liberté dans les repas et l'activité physique.

Les contre-indications de la pompe à insuline externe sont les désordres psychiatriques sévères, les activités impliquant des conditions extrêmes (plongée sous-marine, froid, chaleur), les handicaps visuels ou le manque de motivation du patient. [55]

Pour la mise en place d'un traitement par pompe à insuline externe, une collaboration étroite entre le patient, son médecin traitant et son diabétologue est indispensable. Le centre initiateur, regroupant une équipe soignante multidisciplinaire, prend en charge la préparation préalable du patient. Il l'hospitalise en vue d'une éducation spécifique avec apprentissage de la technique d'utilisation de la pompe, des autocontrôles glycémiques fréquents (4 à 6 par jour), une surveillance de l'acétonurie et/ou de l'acétonémie une fois par jour. Puis pendant les trois premiers mois suivant l'hospitalisation, l'enfant est suivi par son diabétologue tous les 15 à 30 jours avec possibilité de joindre le centre initiateur qui assure une astreinte téléphonique 24 h/24 et 7 jours/7. Ensuite, un suivi trimestriel est mis en place et une évaluation annuelle doit être effectuée par le centre initiateur. [56]

Depuis 2000, la pompe à insuline est inscrite sur la liste des produits et des prestations remboursables (LPPR). Mais l'arrêté du 27 avril 2009 précise l'arrêt du remboursement à l'achat de la pompe à insuline. Les pompes à insuline externes ne sont désormais disponibles qu'à la location. [57]

En conclusion, ces pompes sont tout à fait utilisables chez les enfants même en bas âge. Les avantages sont une plus grande liberté pour la prise des repas et une diminution du nombre d'injections. Cependant une pompe impose des obligations. Les enfants doivent pouvoir contrôler leur glycémie quatre fois par jour et calculer la quantité de glucides présente dans leur alimentation.

➤ La pompe implantable

En 2008, environ 400 patients diabétiques adultes sont porteurs d'une pompe implantable dans le monde et les trois quart d'entre eux sont français.

A l'heure actuelle, il n'existe qu'un seul modèle de pompe implantable : la pompe Medtronic-Minimed 2007 (figure 21).

La pompe est constituée d'un boîtier de titane (A) en forme d'un disque de 8,1 cm de diamètre, de 2 cm d'épaisseur et pesant 131 g. Il contient une antenne de télémétrie pour la communication avec un programmeur, une batterie de durée de vie d'environ 7 ans, des circuits électroniques, un piston qui pousse l'insuline vers le cathéter et un réservoir d'insuline.

Le programmeur (B) permet au diabétique de programmer les débits de base et les bolus.



**Figure 21 : La pompe implantable Medtronic-Minimed 2007 [58]**

La pompe est mise en place sous anesthésie générale dans le tissu sous-cutané au niveau de la paroi abdominale et le cathéter est introduit dans la cavité péritonéale.

L'insuline utilisée est l'Insuplant® hautement concentrée (400 UI/mL). C'est une insuline humaine rapide et elle est réservée à l'usage hospitalier.

Les avantages de ce type de pompe sont un confort apporté par l'absence de port de matériel et une réduction des hypoglycémies en particulier sévères.

Les inconvénients sont le préjudice esthétique (pompe relativement volumineuse pouvant entraîner une voussure de la paroi abdominale), la nécessité absolue d'un remplissage toutes les 6 à 8 semaines du réservoir par de l'insuline hautement concentrée dans un centre spécialisé et le coût très élevé du matériel.

Cette pompe est indiquée chez les patients diabétiques de type 1 après échec d'une insulinothérapie intensive bien conduite par voie sous-cutanée (par pompe externe ou multi-injections) et/ou présentant des hypoglycémies sévères récurrentes.

Ainsi les patients bénéficiant de ce type de matériel ont en général une expérience importante avec les pompes externes. A ce jour, elles ne sont donc pas destinées aux enfants diabétiques. [59]

## **B- Traitement non médicamenteux**

### **1. Diététique**

Le régime alimentaire est un facteur essentiel de l'équilibre glycémique. L'alimentation des enfants diabétiques doit être équilibrée pour leur assurer une croissance harmonieuse et leur permettre une activité physique normale. Cette alimentation est conseillée au reste de la famille et il n'est donc pas nécessaire de préparer des menus à part. Ainsi le jeune n'aura pas le sentiment d'être mis à l'écart.

Les entretiens avec la diététicienne permettent d'évaluer les habitudes alimentaires de la famille. Si des erreurs alimentaires sont présentes, c'est l'occasion de les corriger. Les erreurs les plus fréquentes sont : trop de calories, trop d'aliments gras (frites, mayonnaise...), trop de produits sucrés (boissons sucrées, sucreries, pâtisseries...) et pas assez de féculents, légumes, fruits, produits lactés et d'eau. De mauvaises habitudes sont également à corriger : sauter un repas, manger vite, manger debout, consommer des friandises et des boissons sucrées à n'importe quel moment de la journée. [60]

Les principes généraux en diététique sont les suivants :

#### ❖ Les besoins énergétiques

Ils sont définis comme la quantité d'énergie nécessaire à un individu pour assurer ses dépenses énergétiques (métabolisme de base, digestion, activité physique). Les besoins en énergie varient en fonction de l'âge, du sexe et de l'activité physique de la personne. L'enfant diabétique a les mêmes besoins nutritionnels que les autres enfants. La ration calorique normale est d'environ 1000 kcal/ année d'âge sans dépasser 2000 kcal pour les filles et même 1800 kcal en cas de surpoids. [61]

#### ❖ Les glucides

La ration glucidique représente entre 50 % et 55 % de l'apport calorique total.

Les aliments glucidiques de base sont les produits céréaliers et les féculents (riches en glucides), les fruits frais et les légumes (riches en fibres) et le lait (source de calcium). Ce sont des produits indispensables pour équilibrer l'alimentation.

Les produits sucrés (riches en calories) n'ont pas d'intérêt nutritionnel et leur consommation excessive doit être limitée car elle favorise le surpoids. [60]

Les édulcorants, qui ne sont pas hyperglycémifiants, sont déconseillés en raison de l'entretien de l'appétence au sucre. Cependant leur utilisation en pâtisserie ou dans les boissons « light » est utile dans certaines situations (goûters, anniversaires, fêtes...) où ils aident l'enfant diabétique à se sentir comme les autres. [61]

La classification traditionnelle des glucides en « sucres simples » à absorption digestive rapide et les « sucres complexes » à absorption lente est devenue obsolète.

Actuellement, la notion d'index glycémique est utilisée. Cet index permet un classement des aliments en fonction de leurs effets réels sur la glycémie par rapport à ceux

d'un glucide de référence. L'index glycémique est donc défini comme l'effet hyperglycémiant global d'un aliment, exprimé en pourcentage de celui d'une quantité isoglucidique de glucose ou de pain blanc.

L'index est influencé par certains facteurs, notamment :

- la texture de l'aliment (un jus de fruit est plus hyperglycémiant qu'une quantité isoglucidique du fruit dont il est extrait)
- la cuisson de l'aliment (plus l'aliment est cuit, plus l'index glycémique est élevé)
- la présence d'autres nutriments, comme les protéines et les graisses qui ralentissent l'absorption des glucides
- la présence de fibres alimentaires, qui ralentissent également l'absorption glucidique. [62]

Schématiquement, les aliments sont classés en trois catégories (tableau II) :

- à index glycémique élevé (70 à 100 %)
- à index glycémique moyen (50 à 70 %)
- à index glycémique bas (< 50 %).

**Tableau II : Classification des aliments selon leur index glycémique [63]**

	<i>Index glycémique bas &lt; 50*</i>	<i>Index glycémique moyen 50 à 70*</i>	<i>Index glycémique élevé &gt; 70*</i>
<b>Pain et féculents</b>	Légumes secs Pâtes Igname – Patate douce Petits pois Soja Blé Flocons d'avoine Muesli Pain aux céréales	Pomme de terre bouillie Riz Couscous Pain blanc Biscottes Croissant Pizza	Purée de pomme de terre Tapioca Corn-flakes Pain complet Pain suédois Baguette Frites – Chips
<b>Produits laitiers</b>	Lait – Yaourt		
<b>Légumes</b>	Légumes verts	Betteraves	Carottes
<b>Fruits</b>	Pomme – Poire Orange – Pêche Cerise – Raisin	Abricot – Banane Melon – Ananas Kiwi – Mangue	
<b>Desserts et produits sucrés</b>	Fructose Éclair Chocolat noir ou au lait	Sucre (saccharose) Glace – Sorbet	Miel Gaufrettes
<b>Boissons</b>	Jus de pomme	Jus d'orange	Sodas

\*Référence = glucose

La règle qui découle de ces observations est de privilégier les aliments à index glycémique bas.

#### ❖ Les lipides

Ils doivent représenter entre 30 à 35 % de l'apport calorique total. Ils sont une importante source d'énergie et de certaines vitamines. Cependant, les lipides sont à consommer avec modération car ils sont très caloriques et leur excès favorise le surpoids et les maladies cardio-vasculaires. [64]

Les lipides sont composés d'acides gras saturés ou insaturés.

Les acides gras polyinsaturés (les omégas 3 apportés par la sardine, le maquereau, le saumon et les omégas 6 apportés par l'avocat, l'huile de tournesol), indispensables dans l'alimentation car non synthétisés par l'homme, réduisent le taux de cholestérol total mais aussi le HDL-cholestérol.

Les acides gras mono-insaturés, présents dans l'huile d'olive, permettent de diminuer le taux de LDL-cholestérol sans provoquer une baisse parallèle du HDL-cholestérol.

Enfin, les acides gras saturés, présents dans les viandes grasses, la charcuterie, le beurre, les fromages, le jaune d'œuf, sont une source importante de cholestérol et sont donc les plus athérogènes. Leur consommation doit être limitée.

#### ❖ Les protides

Les protéines servent à la construction des muscles et des os de l'organisme.

Les protéines se trouvent dans la viande, le poisson, le lait et ses dérivés (fromage et yaourts), les œufs et les légumes secs. L'apport protéique recommandé correspond à 15 % de l'apport calorique total.

### ❖ Les fibres

Les fibres solubles (pectine, gomme, mucilage) présentes dans les fruits et les légumes, ralentissent l'absorption du glucose dans le sang. Elles sont conseillées à chaque repas.

Les fibres insolubles (cellulose, hémicellulose) présentes dans les légumes verts et la peau des fruits et légumes, n'ont aucune action sur l'équilibre glycémique mais elles favorisent le transit intestinal. [62]

### ❖ Les boissons

L'eau est la seule boisson indispensable. Toutes les eaux peuvent être utilisées.

En ce qui concerne les boissons sucrées, les jus de fruits « sans sucre ajoutés » sont à privilégier. Les sodas classiques ne sont pas recommandés car trop riches en sucre (100 à 110 g de saccharose par litre). Les boissons « light » sont une bonne alternative mais elles contiennent des édulcorants. Or ces derniers entretiennent l'attirance des enfants pour le goût sucré, ainsi leur consommation doit être réservée pour les fêtes.

L'alcool pris en dehors des repas et à dose importante favorise l'hypoglycémie et peut masquer les signes de reconnaissance de l'hypoglycémie. L'adolescent doit être informé de l'importance de ne jamais boire de l'alcool sans manger et qu'après une soirée avec consommation d'alcool, il est préférable de faire une glycémie avant de se coucher. [65]

### ❖ Les recommandations au jeune diabétique

L'objectif du traitement du diabète de type 1 chez l'enfant est d'allier l'alimentation, l'exercice physique et le dosage de insulines.

Pour cela l'alimentation doit être bien répartie dans la journée avec trois repas principaux et une ou deux collations.

Les injections d'insuline précèdent le repas. Le repas est pris moins de 10 minutes après une injection d'analogue rapide (HUMALOG® par exemple) ou il est pris 30 minutes après une injection d'insuline rapide (UMULINE® Rapide par exemple).

Les collations sont nécessaires lorsque l'insuline est encore active 3 heures après l'injection (insuline rapide ou NPH) pour éviter l'hypoglycémie. En pratique, la collation est prise vers 10h et éventuellement vers 22h si l'enfant ne se couche pas trop tôt.

Le goûter de l'après-midi est pris à un moment où l'effet de l'insuline est faible donc il est à éviter si possible. Sinon l'enfant s'habitue à prendre un goûter léger (tableau III) ou il peut effectuer une injection d'un analogue rapide juste avant le goûter.

**Tableau III : Exemples de goûters légers [60]**

---

Un fromage blanc avec des fraises
Un suisse nature et une compote allégée en sucre
Un yaourt nature et une poire
Une crème de gruyère, une pomme et une boisson light
Un yaourt édulcoré aux fruits
Une salade de fruits frais et un suisse nature
Un sorbet « maison » à l'aspartam
Bâtonnets de crabe, œuf dur, salade de crudités

---

Les produits très hyperglycémiant (pâtisseries, glaces...) sont à consommer avec modération et seulement au moment des repas. [64]

## 2. Activité physique

Contrairement à certaines idées reçues, le diabète n'empêche pas de faire du sport. Au contraire, la pratique régulière d'une activité physique est essentielle pour obtenir un bon équilibre glycémique chez l'enfant et l'adolescent diabétique. L'enfant peut donc pratiquer du sport aussi bien à l'école qu'en dehors de l'école.

Le sport favorise la circulation du sang et l'utilisation du glucose présent dans le sang par les muscles. Le diabète est ainsi mieux équilibré. Et si l'exercice physique est pratiqué régulièrement, l'organisme développe une meilleure sensibilité à l'insuline.

L'activité physique peut également contribuer à l'équilibre psychologique et moral du jeune diabétique et peut être un moyen d'acceptation de sa maladie et d'intégration sociale.

Cependant, cette pratique doit s'accompagner d'un apprentissage de la gestion du diabète, afin d'éviter tout risque d'hypoglycémie et l'exercice physique est déconseillé en période d'instabilité glycémique. [66]

Les précautions à prendre avant la pratique d'un sport ainsi que la diététique seront expliqués dans la deuxième partie.

**2<sup>ème</sup> PARTIE :**  
**CONSEILS À L'OFFICINE AU**  
**JEUNE DIABÉTIQUE**

L'éducation du diabétique s'effectue dans un premier temps à l'hôpital où tout est expliqué à l'enfant et à sa famille, grâce à l'équipe médicale (médecins, infirmières, diététiciens, psychologues...).

Le traitement du diabète de type 1 est difficile à assimiler par le jeune diabétique, surtout au début. L'enfant et ses parents doivent comprendre chaque étape de la prise en charge de cette pathologie.

Le pharmacien participe à cette éducation en se tenant à la disposition des familles afin de les aider à résoudre les difficultés rencontrées au quotidien. Il a un rôle à jouer dans l'amélioration de la qualité de vie du jeune diabétique par son implication dans le traitement.

Grâce à sa disponibilité, le pharmacien peut rassurer l'enfant diabétique et ses parents en réexpliquant les différentes étapes du traitement, le fonctionnement du matériel d'injection et d'autosurveillance.

Par sa proximité et son écoute, le pharmacien peut également soutenir le jeune patient et sa famille dans l'acceptation de la maladie ; il peut donner des conseils pour appréhender le diabète au quotidien : à l'école, en famille, aux anniversaires, aux sorties, en voyage... Il encourage l'enfant diabétique à avoir une activité sportive. Enfin, il le rassure sur son avenir et peut l'orienter vers une association de diabétiques.

# I – Le jeune diabétique et son traitement

## A- L'injection d'insuline

L'insuline s'injecte sous la peau. Pour injecter une insuline, il faut des seringues à insuline et des flacons ou des stylos, des cartouches et des aiguilles.

Toutes les insulines non entamées se conservent au réfrigérateur entre 2°C et 8°C. Une fois que le flacon, la cartouche ou le stylo sont entamés, l'insuline peut se garder à température ambiante et à l'abri de la lumière pendant trois ou quatre semaines. Il faut toujours vérifier la date de péremption et éviter d'exposer une insuline à des températures extrêmes ; en-dessous de 0°C, elle est détruite et à partir de 40°C, elle perd progressivement de son activité.

Pour un meilleur confort et une meilleure efficacité, l'insuline doit être sortie du réfrigérateur au moins une heure avant l'injection. [67]

Selon l'âge du patient, c'est l'enfant qui fait l'injection ou ses parents.

### 1- L'injection à la seringue

Dans la seringue, soit une seule insuline est prélevée soit un mélange d'insuline d'action rapide et d'insuline d'action intermédiaire est prélevé.

#### a) Préparation d'une seringue avec une seule insuline [46]

L'enfant prépare sur une surface propre : le flacon d'insuline, le coton, le flacon d'alcool à 70°C et la seringue à insuline.

Ensuite, il se lave les mains à l'eau tiède et au savon.

Le bouchon en caoutchouc du flacon d'insuline est désinfecté avec un coton imbibé d'alcool.

Le jeune diabétique remplit la seringue d'un volume d'air équivalent à la quantité d'insuline à prélever (figure 22). Puis il enfonce perpendiculairement l'aiguille de la seringue dans le bouchon du flacon d'insuline et il pousse le piston de la seringue pour introduire l'air dans le flacon.

Il retourne l'ensemble flacon-seringue, tire sur le piston pour prélever une quantité supérieure à la dose désirée et retire ensuite la seringue du flacon.



Figure 22 : Préparation de la seringue avec une insuline (1<sup>ère</sup> partie) [46]

L'aiguille étant vers le haut, l'enfant tire sur le piston pour former une poche d'air au sommet de la seringue (figure 23). Il tapote sur la seringue pour faire monter les bulles logées près du piston.



Figure 23 : Préparation de la seringue avec une insuline (2<sup>ème</sup> partie) [46]

La seringue étant parfaitement à la verticale, il pousse le piston pour chasser l'air du sommet de la seringue et il ajuste la dose d'insuline avec précision (figure 24) et termine en remettant le capuchon sur l'aiguille le temps de se préparer à faire l'injection.



Figure 24 : Préparation de la seringue avec une insuline (3<sup>ème</sup> partie) [46]

## b) Préparation d'une seringue avec un mélange d'insuline [46]

Les doses d'insuline d'action rapide et d'insuline d'action prolongée doivent être notées sur le carnet de surveillance puis l'enfant doit calculer la dose totale.

Le jeune diabétique prépare sur une surface propre : les flacons d'insuline, le coton, le flacon d'alcool à 70°C et la seringue à insuline et il se lave les mains.

Après avoir poussé à fond le piston de la seringue, il remplit la seringue d'un volume d'air équivalent à la dose d'insuline d'action prolongée.

Puis il chasse l'air de la seringue dans le flacon d'insuline d'action prolongée en appuyant sur le piston. Et il retire l'aiguille de la seringue du flacon sans prélever l'insuline.

Le jeune remplit ensuite la seringue d'un volume d'air équivalent cette fois à la dose d'insuline d'action rapide et il chasse l'air dans le flacon d'insuline d'action rapide.

Il retourne l'ensemble flacon-seringue et tire sur le piston pour prélever une quantité d'insuline d'action rapide supérieure à la dose désirée. Il tapote sur la seringue pour faire monter les bulles d'air.

L'enfant retire ensuite l'aiguille du flacon, chasse l'air du sommet de la seringue et il ajuste la dose d'insuline d'action rapide avec précision.

Il retourne plusieurs fois le flacon d'insuline d'action prolongée.

Le jeune pique ensuite l'aiguille de la seringue dans le bouchon du flacon d'insuline d'action prolongée, tout en tenant la seringue avec le piston pour éviter tout mélange d'insulines dans le flacon.

Il tire doucement le piston sans faire de bulles pour prélever la dose voulue d'insuline d'action prolongée. Il doit s'arrêter précisément à la valeur de la dose totale d'insuline calculée, sans réinjecter d'insuline dans le flacon.

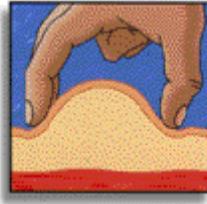
Pour finir, l'enfant retire l'aiguille du flacon et il remet le capuchon sur l'aiguille.

## c) Déroulement de l'injection avec une seringue [46], [68]

L'injection d'insuline se fait tout de suite après avoir préparé la seringue.

L'injection d'insuline doit se faire sur une peau propre et celle-ci peut être désinfectée si besoin.

L'enfant pince la peau entre son pouce et son index afin de réaliser un pli cutané (figure 25). Il est important de ne pas empaumer à pleine main la zone d'injection, sinon le risque est de piquer dans le muscle.



**Figure 25 : Pli cutané [68]**

Il place la seringue à la base du pli très obliquement et pique en enfonçant complètement l'aiguille. Il relâche le pli puis injecte l'insuline. Sinon l'enfant peut piquer au sommet du pli perpendiculairement et alors il maintient le pli cutané jusqu'à la fin de l'injection.

La méthode avec pli cutané est préconisée si le jeune utilise des aiguilles de 8 mm ou 12,7 mm afin d'éviter d'injecter dans le muscle. Dans certaines situations, comme l'utilisation d'aiguilles courtes (4 ou 5 mm de longueur), le pli cutané n'est pas nécessaire.

Afin de garantir la complète délivrance de la dose d'insuline, il est conseillé d'attendre dix secondes après l'injection avant de retirer l'aiguille.

Puis l'enfant jette l'aiguille dans un collecteur de déchets de soin.

## 2- L'injection au stylo

Le stylo permet de faire l'injection d'insuline plus simplement qu'avec une seringue. Il est en effet très pratique, cependant l'enfant peut le briser si par exemple il lui échappe des mains, c'est pourquoi il doit savoir faire l'injection avec une seringue et avoir des seringues et des flacons d'insuline ou un stylo de rechange.

Il existe des stylos pré-remplis jetables et des stylos à insuline rechargeables avec des cartouches. Certains laboratoires comme Novo-Nordisk ont commercialisé des stylos adaptés aux enfants : NOVOPEN® Junior, qui est un stylo rechargeable (figure 26).



**Figure 26 : NOVOPEN® Junior [69]**

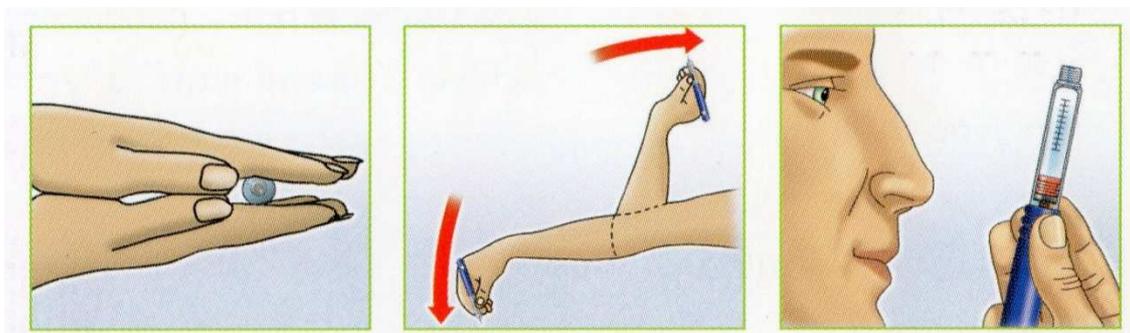
Pour réaliser l'injection, des aiguilles spéciales s'adaptant au stylo sont nécessaires. Des aiguilles de différentes longueurs sont disponibles.

Le stylo et les aiguilles les mieux adaptés pour l'enfant sont choisis avec le médecin. [46]

a) Préparation du stylo à insuline [70]

L'enfant doit dans un premier temps se nettoyer les mains à l'eau tiède et au savon.

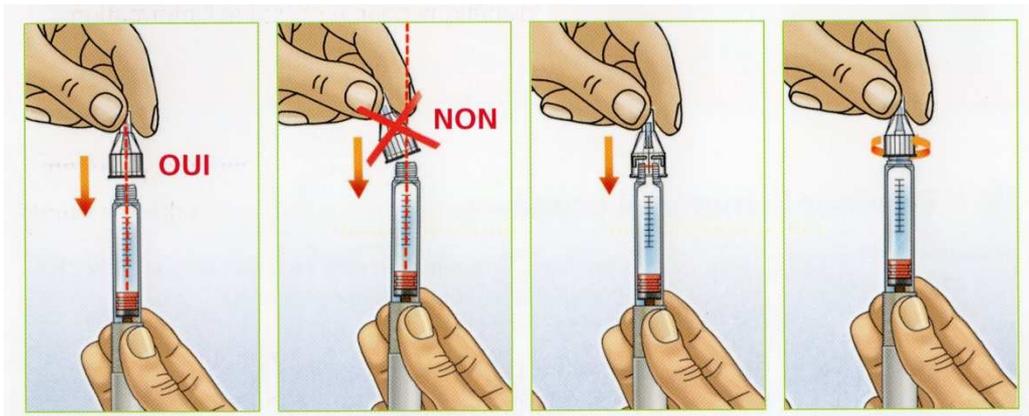
Puis il doit remettre en suspension les insulines laiteuses (si le stylo contient une insuline NPH ou un mélange d'insulines). Pour réaliser cette étape, le jeune diabétique doit rouler dix fois le stylo entre ses paumes de main puis agiter dix fois le stylo d'une seule main de haut en bas et lentement (figure 27). Il contrôle à l'issue de ces vingt cycles que l'insuline paraisse homogène.



**Figure 27 : Remise en suspension des insulines laiteuses [70]**

Ensuite, il doit installer l'aiguille sur le stylo. Pour cela, il retire le capuchon du stylo et ouvre l'emballage stérile de l'aiguille en retirant le couvercle en papier. Il approche l'aiguille dans l'axe du stylo (figure 28); une aiguille fixée de travers peut entraîner des fuites et/ou une torsion de l'aiguille interne.

L'enfant perce le septum de la cartouche du stylo avec l'aiguille interne. Puis, il visse complètement l'aiguille sur le stylo et retire l'emballage transparent en laissant le capuchon sur l'aiguille jusqu'à l'injection.



**Figure 28 : Adaptation de l'aiguille sur le stylo [70]**

Avant chaque injection d'insuline, l'enfant doit vérifier qu'il reste assez d'insuline dans la cartouche pour injecter la dose prévue.

Il retire le capuchon qui protège l'aiguille et en tenant le stylo vertical et l'aiguille vers le haut, il purge l'aiguille avec 1 ou 2 UI d'insuline, en appuyant sur le bouton poussoir du stylo, pour permettre d'éliminer les bulles d'air et de vérifier le bon fonctionnement du système.

Ensuite le jeune diabétique sélectionne avec attention la dose à injecter et selon le modèle du stylo, les réglages se font de 0,5 à 2 UI.

#### b) Déroulement de l'injection au stylo [70]

L'injection d'insuline doit se faire sur une peau propre et celle-ci peut être désinfectée si besoin.

L'enfant pince la peau entre son pouce et son index.

Il place l'aiguille du stylo à la base du pli très obliquement et pique en enfonçant complètement l'aiguille. Il relâche le pli puis injecte lentement l'insuline. Sinon l'enfant peut piquer au sommet du pli perpendiculairement et alors il maintient le pli cutané jusqu'à la fin de l'injection.

Afin de garantir la complète délivrance de la dose d'insuline, il est conseillé de maintenir l'aiguille sous la peau dix secondes après l'injection.

Puis l'enfant jette l'aiguille dans un collecteur de déchets de soin. Puis il remet le capuchon sur le stylo.

### 3- La technique d'injection d'insuline

La technique d'injection a une grande importance car selon la façon dont l'insuline est injectée, elle n'agit pas de la même manière.

L'absorption de l'insuline s'effectue sous la peau. Cette absorption dépend des caractéristiques chimiques des insulines (présence de protamine, insuline cristallisée...). La vitesse d'absorption diffère selon le type d'insuline et explique l'effet rapide ou lent des insulines.

L'absorption est variable. L'effet de l'insuline varie d'une injection à l'autre chez la même personne, avec le même type d'insuline injectée, au même endroit et à la même dose : il s'agit du coefficient de variation de l'insuline. Celui-ci est plus élevé pour une insuline lente qu'une insuline rapide.

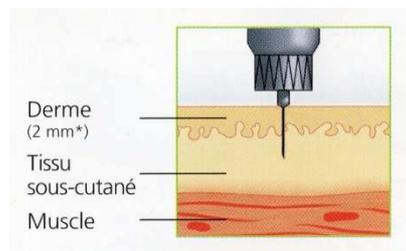
De nombreux facteurs peuvent également influencer l'absorption de l'insuline :

- la zone d'injection
- la profondeur d'injection
- le volume d'insuline
- le massage au site d'injection
- l'effort musculaire
- la chaleur (bain)
- les lipodystrophies. [68]

#### a) L'injection en sous-cutané

Afin de garantir une bonne résorption, l'insuline doit être injectée dans le tissu sous-cutané, et non en intramusculaire (figure 29). En effet, l'injection intramusculaire présente de nombreux inconvénients :

- l'insuline est absorbée plus rapidement et sa durée d'action est plus courte
- le coefficient de variabilité est plus élevé
- en cas d'activité musculaire le risque d'hypoglycémie est plus élevé
- l'injection en intramusculaire provoque des douleurs, des saignements et des hématomes. [68]



**Figure 29 : L'injection dans le tissu sous-cutané [70]**

L'épaisseur du tissu sous-cutané est variable d'un individu à l'autre et d'une partie du corps à l'autre, donc il est important de suivre attentivement les recommandations des soignants quant à la technique d'injection, les zones conseillées, la longueur d'aiguille appropriée, qui sont définies pour chaque personne.

Effectivement, au niveau des bras et des cuisses, l'épaisseur du tissu sous-cutané est plus fine et donc le risque d'injection intramusculaire est plus grand. Il est donc conseillé d'utiliser des aiguilles courtes ou d'effectuer un pli cutané pour injecter l'insuline. [70]

#### b) Le choix de la longueur d'aiguille

La profondeur d'injection est conditionnée par la longueur des aiguilles utilisées.

Pour déterminer la longueur d'aiguille à employer, plusieurs paramètres doivent être pris en compte : la corpulence, le sexe, l'âge de la personne, la technique d'injection (avec ou sans pli), le volume d'insuline à injecter et la zone d'injection.

Les aiguilles actuellement présentes sur le marché sont :

- les aiguilles BD Micro-Fine<sup>TM+</sup>® (4 mm, 5 mm, 8 mm, 12,7 mm), compatibles avec tous les stylos injecteurs d'insuline
- les aiguilles NOVOFINE® (6 mm, 8 mm, 12 mm), compatibles avec les stylos injecteurs Novo Nordisk
- les aiguilles NOVOFINE® AUTOCAVER (8 mm), (aiguilles de sécurité permettant de limiter le risque de piqûre accidentelle), compatibles avec les stylos injecteurs Novo Nordisk
- les aiguilles PENFINE® Universal Click<sup>TM</sup> (6 mm, 8 mm, 10mm, 12mm), compatibles avec la plupart des stylos injecteurs et les seules sur le marché pouvant se cliquer sur le stylo (nul besoin de visser l'aiguille sur le stylo, l'aiguille se clique instantanément en place, ainsi la manipulation est plus facile)
- les aiguilles INSUPEN® PIC INDOLOR (6 mm, 8 mm, 12 mm), compatibles avec la plupart des stylos injecteurs. [44]

Il est important de s'assurer de la compatibilité des aiguilles avec le stylo injecteur d'insuline.

Selon le volume à injecter en unité d'insuline, la longueur des aiguilles BD Micro-Fine<sup>TM+</sup>® préconisées sont :

- de 0 à 20 UI : 4 mm
- de 20 à 35 UI : 5 mm
- de 35 à 55 UI : 8 mm
- au-delà de 55 UI : 12,7 mm.

En général, les aiguilles courtes (4 mm, 5mm, 6 mm) conviennent aux enfants, aux adolescents et aux adultes maigres. Avec cette longueur d'aiguille, l'injection peut se faire sans pli cutané sans risque de piquer en intramusculaire.

Les aiguilles moyennes (8 mm) sont utilisées habituellement par les adultes de constitution physique normale.

Et les aiguilles longues (10 mm, 12 mm, 12,7 mm) sont nécessaires pour les adultes obèses et pour les zones où le tissu sous-cutané est épais.

Les aiguilles sont à usage unique. Donc il ne faut pas réutiliser la même aiguille pour une autre injection. En effet, l'aiguille ne serait plus stérile et la pointe pourrait se détériorer, se casser et rester à l'intérieur du site d'injection. Enfin, le lubrifiant, présent sur l'aiguille et permettant une injection pratiquement indolore, serait enlevé et les injections deviendraient plus douloureuses. L'insuline restante dans l'aiguille suite à la première injection, pourrait cristalliser et ainsi bloquer le flux à l'injection suivante.

Par conséquent, il ne faut jamais laisser une aiguille sur un stylo. [67]

#### 4- Les sites d'injection

L'insuline peut être injectée dans différentes zones (figure 30) :

- le bras : à l'extérieur du bras, de quelques centimètres au dessous de l'articulation de l'épaule et à quelques centimètres au dessus du coude
- le ventre : d'un flanc à l'autre et du bas du ventre à la base du thorax, tout en évitant le pourtour du nombril de quelques centimètres (environ deux pouces)
- les cuisses : dans la partie antérieure et extérieure de la cuisse et d'une main au dessous du pli de l'aîne et à une main au-dessus du genou
- les fesses : dans le quadrant supérieur, au dessus du sillon interfessier et à l'extérieur, en dehors du milieu des fesses. [46]



Figure 30 : Sites d'injection de l'insuline [46]

La résorption de l'insuline varie selon la zone d'injection, c'est pourquoi il est important d'adapter la zone d'injection au type d'insuline.

En règle générale, pour les insulines rapides (seules ou mélangées avec de la NPH), la zone préférentielle est l'abdomen, car la vitesse de résorption est rapide.

Pour les insulines intermédiaires ou lentes utilisées seules, les zones préférentielles sont les cuisses et les fesses, car la vitesse de résorption est lente.

La vitesse de résorption au niveau des bras est moyenne. Ainsi, les bras peuvent être utilisés pour une meilleure rotation des zones d'injection, mais il est plus difficile de se faire soi-même une injection correcte dans cette zone.

Pour une meilleure reproductibilité de l'action des insulines, il faut toujours garder la même zone à la même heure d'injection (exemple : l'injection du soir est toujours effectuée dans les cuisses). [67]

Cependant si, dans une même zone, les injections sont trop proches les unes des autres, des bosses ou des creux apparaissent.

Pour éviter ces lipodystrophies, il est nécessaire de varier le point d'injection d'un jour à l'autre dans une même zone. Par exemple, un jour l'injection se fait sur la cuisse droite et le lendemain sur la cuisse gauche et chaque jour il faut décaler d'un centimètre.

Par ailleurs, il ne faut pas injecter de l'insuline dans une zone où la personne prévoit une activité physique (exemple : injection dans le bras avant un match de tennis), puisque l'action de l'insuline est influencée par l'activité musculaire de la zone d'injection. [68]

## **B- La surveillance du traitement**

### 1- L'autosurveillance glycémique

L'autocontrôle glycémique (mesure du taux de glucose dans le sang capillaire) aide le patient à surveiller son diabète, à adapter ses doses d'insuline et à gérer les situations d'urgence.

La plupart du temps, le diabétique ne perçoit les sensations liées à sa glycémie que pour des valeurs très hautes ou trop basses ; il n'est donc pas possible de se fier uniquement à ces sensations. De plus, un bon équilibre glycémique permet d'éviter les complications à long terme. C'est pourquoi mesurer sa glycémie plusieurs fois par jour (au moins avant chaque repas) est un acte indispensable chez un diabétique. [71]

L'autosurveillance glycémique est basée sur le prélèvement d'une goutte de sang capillaire grâce à un autopiqueur armé d'une lancette. Cette goutte est analysée par un lecteur de glycémie à l'aide d'une bandelette ou d'une électrode et les résultats sont reportés sur un carnet de surveillance. [72]

#### a) Le lecteur de glycémie [72], [73]

Les lecteurs de glycémie se différencient par leur méthode d'analyse. Les appareils à bandelette utilisent la réflectométrie, basée sur l'obtention d'une coloration proportionnelle à la glycémie. Les appareils à électrode convertissent l'intensité d'électrons en valeur glycémique. Ces derniers sont les plus courants.

Dans un premier temps, le lecteur de glycémie doit être initialisé en réglant l'heure, la date et l'unité de mesure pour les appareils proposant les deux unités : mg/dL ou mmol/L.

Puis le calibrage du lecteur doit être effectué à l'ouverture de chaque nouvelle boîte de bandelettes ou d'électrodes. Ce calibrage est indispensable pour garantir l'exactitude des

résultats. Il consiste à vérifier que le code figurant sur le flacon de bandelettes correspond au code affiché sur le lecteur. Chaque lot de bandelettes fabriqué a son propre code (inscrit sur le flacon), donc le patient doit calibrer son appareil en entrant manuellement un code avant utilisation. Il existe une alternative permettant de simplifier cette étape : l'insertion dans le lecteur d'une puce de calibration fournie avec chaque nouvelle boîte de bandelettes (exemple : lecteur ACCU-CHEK® Performa). Dernièrement, les modèles les plus récents permettent de s'affranchir de cette étape ; le lecteur s'autocalibre instantanément et automatiquement dès l'insertion de la bandelette (exemples : lecteur ONE TOUCH® Vita, TRUeResult Twist® (figure 31)).



**Figure 31 : Lecteur de glycémie TRUeResult Twist® [74]**

Enfin, l'utilisation d'une solution de contrôle permet de vérifier le bon fonctionnement du couple lecteur/bandelette. Les solutions de contrôle se conservent trois mois après ouverture. La plupart sont disponibles en officine mais ne sont pas remboursées. En revanche, les laboratoires en envoient gratuitement aux patients sur simple demande téléphonique (à leur numéro vert). Pour réaliser ce test, il faut déposer une goutte de la solution de contrôle sur une bandelette préalablement insérée dans le lecteur et vérifier si la valeur affichée se situe dans l'intervalle indiqué sur le flacon de bandelettes. Certains lecteurs utilisent une seule solution mais la plupart en utilise deux ou trois. Le contrôle devrait se faire idéalement à chaque ouverture d'un nouveau flacon de bandelettes et à chaque doute sur un résultat.

Le choix du lecteur de glycémie est une étape capitale dans l'autosurveillance glycémique. En effet, la mesure de la glycémie est une tâche réitérée plusieurs fois dans la

journée et cette manipulation est reconnue par les diabétiques comme étant la plus rébarbative et la plus contraignante. Ainsi le lecteur doit avant tout être adapté au patient en fonction de son mode de vie, son âge et ses exigences.

Lors du choix du lecteur de glycémie, plusieurs critères sont à prendre en considération :

- l'apparence du lecteur de glycémie (les jeunes préféreront les petits lecteurs, ceux qui ressemblent aux téléphones portables ou aux lecteurs MP3)
- la taille de l'écran et la lisibilité des caractères
- la quantité de sang nécessaire à la mesure
- la durée de la mesure, pouvant aller de 5 à 30 secondes (les jeunes seront plus sensibles à l'argument « 5 secondes »)
- l'absence totale de calibrage
- la mémoire et la possibilité de calculer la moyenne des valeurs
- la possibilité de transférer les résultats sur un ordinateur
- la présence d'alertes si les bandelettes sont périmées
- l'existence d'un mode audio
- l'utilisation possible à des altitudes ou des températures extrêmes
- la possibilité de dosage des corps cétoniques
- l'utilisation possible des sites alternatifs.

L'implication du jeune diabétique dans le choix de son lecteur de glycémie est garante de la bonne adhésion à son traitement. Il convient donc de ne pas négliger cette étape et de l'accompagner tout au long de l'utilisation de son appareil.

Les lecteurs de glycémie sont inscrits sur la liste des produits et prestations remboursables (LPPR) et sont intégralement remboursés. Le patient diabétique adulte peut bénéficier du remboursement d'un lecteur de glycémie tous les quatre ans et l'enfant de moins de 18 ans, de deux lecteurs tous les quatre ans.

Les kits comprenant un lecteur, un autopiqueur, dix bandelettes et dix lancettes sont inscrits sur la LPPR et remboursés sur la base de 73,22 euros.

Les bandelettes sont également prises en charge par la sécurité sociale lorsqu'elles sont prescrites seules.

Lors de la délivrance d'un lecteur de glycémie, quelques conseils pratiques doivent être donnés :

- veiller à ce que le lecteur soit toujours propre et en particulier la cellule de lecture qui peut être nettoyée à l'aide d'un coton-tige humide si besoin
- conserver l'appareil d'autosurveillance à température ambiante ; en effet, la mesure est en général possible entre 10°C et 40°C. Elle est plus étendue pour certains lecteurs (FreeStyle Papillon®, CONTOUR TS®)
- conserver les bandelettes dans leur emballage d'origine et à l'abri de l'humidité, et noter la date d'ouverture sur le flacon de bandelettes, car tout flacon entamé doit être utilisé dans les trois mois après ouverture
- vérifier la date d'expiration de l'appareil et des bandelettes
- envoyer la carte de garantie au laboratoire dès l'achat du lecteur de glycémie, car en cas de dysfonctionnement, l'appareil est remplacé s'il est encore sous garantie
- si la pile est usée, appeler le laboratoire à son numéro vert car certains laboratoires envoient gratuitement des piles sinon il est possible de se les procurer en grande surface.

Le patient doit également être averti que la mesure de glycémie donnée par le lecteur de glycémie peut varier avec celle obtenue au laboratoire d'analyse.

Effectivement, une différence peut être observée car le laboratoire dose le glucose dans le plasma au niveau veineux alors que le lecteur de glycémie dose le glucose dans le sang total (plasma + globules rouges) au niveau capillaire. Or, la concentration en glucose diffère entre le sang capillaire et le sang veineux, car ce dernier a déjà irrigué certains tissus ou muscles et donc délivré une partie de son glucose. Enfin, le stress lors du contrôle au laboratoire libère des hormones pouvant modifier la glycémie. Une marge de différence d'environ 20 % par rapport aux analyses de laboratoire est considérée comme acceptable.

Certains lecteurs de glycémie possèdent un logiciel permettant de transmettre les résultats de glycémie du lecteur vers un ordinateur ou un agenda électronique. La liaison entre le lecteur et l'ordinateur se fait grâce à un câble USB ou par infrarouge. Ces logiciels ne sont pas disponibles à l'officine mais directement auprès des laboratoires par l'intermédiaire de leur numéro vert ou de leur site internet. Ils permettent d'obtenir une multitude d'informations organisées sous formes de tableaux, de courbes indiquant les glycémies et les moyennes en fonction des moments de la journée. Même si ces logiciels ne dispensent pas de la tenue d'un carnet d'autosurveillance, ils peuvent donner lieu à une transmission des données au diabétologue ou au médecin par courrier électronique.

Il existe sur le marché un lecteur de glycémie (OPTIUM® XCEED) qui propose, outre la lecture classique de la glycémie, une lecture de cétonémie. Cette recherche des corps cétoniques dans le sang capillaire permet le diagnostic de cétose plus rapidement que dans les urines. Pour cela, ce lecteur dispose de deux types d'électrodes : OPTIUM® PLUS pour la glycémie et OPTIUM® BETA-CETONE pour la cétonémie (boîte de dix électrodes). Depuis juillet 2004, les électrodes OPTIUM® BETA-CETONE sont prises en charge sous le code LPPR 1182003 dans le diabète de type 1 chez les porteurs de pompe à insuline, les enfants et adolescents jusqu'à 18 ans et les femmes enceintes. [75]

#### b) L'autopiqueur et les lancettes

La mesure de la glycémie nécessite le prélèvement d'une goutte de sang. Celle-ci est obtenue grâce à une lancette montée sur un autopiqueur.

##### ➤ L'autopiqueur

Il existe différents types d'autopiqueur : les autopiqueurs rechargeables et les autopiqueurs à usage unique.

Les **autopiqueurs rechargeables** se présentent sous la forme d'un stylo. Leur embase permet de régler la profondeur de pénétration de la lancette selon l'épaisseur de la peau et

le site de prélèvement. La lancette, insérée sur le stylo, est à usage unique et elle s'éjecte au moyen d'un bouton-poussoir après chaque utilisation. [72]

Certains stylos autopiqueurs présentent des caractéristiques remarquables :

- le stylo ACCU-CHEK Multiclix® est le seul autopiqueur avec un chargeur de lancettes à barillet (figure 32). Il fonctionne sur le même principe que précédemment mais dispose d'un barillet comprenant six lancettes et évitant ainsi les manipulations multiples.

Il est simple d'utilisation :

- armer l'autopiqueur en appuyant sur l'extrémité comme un stylo et le bouton de déclenchement devient jaune
- piquer sur le côté du doigt en appuyant sur le bouton de déclenchement
- tourner l'extrémité de l'autopiqueur dans les sens des flèches puis revenir en position initiale. La fenêtre de visualisation des lancettes affiche le nombre de lancettes neuves restantes. [76]



**Figure 32 : L'autopiqueur ACCU-CHEK Multiclix® et son barillet [76]**

- certains stylos (MICROLET 2®, BD OPTIMUS™) possèdent un système anti-rebond évitant le risque de double piqûre.

- d'autres disposent d'une zone de huit picots de massage à l'extrémité du stylo, qui masque la perception de la douleur. Cette « technologie de la zone de confort » se retrouve dans les autopiqueurs GLUCOJECT DUAL® S (figure 33) et AST.



**Figure 33 : GLUCOJECT DUAL® S [77]**

- le stylo GLUCOJECT DUAL®AST permet le réglage de la force de pénétration de la lancette, facilitant la formation de la goutte de sang. [72]

Les **autopiqueurs à usage unique** sont munis d'une lancette généralement autorétractable après utilisation, d'un capuchon de sécurité et d'un système de ressort permettant la pénétration de la lancette lors du prélèvement. Certains possèdent une bague pour régler la profondeur de pénétration de la lancette (ACCU-CHEK SAFE T PRO PLUS™®) (figure 34).



**Figure 34 : ACCU-CHEK SAFE T PRO PLUS™® [76]**

Ces autopiqueurs jetables sont prêts à l'emploi, rapides à utiliser et évitent tout risque de contamination croisée. Donc, ils sont souvent utilisés par les professionnels en milieu hospitalier mais peuvent très bien être employés par les patients eux-mêmes.

Les autopiqueurs sont inscrits sur la LPPR et donc pris en charge dans la limite d'un appareil par an pour les adultes et de deux pour les enfants et adolescents de moins de 18 ans. Leur garantie est d'un an. Les autopiqueurs à usage unique sont également remboursés. [72], [73]

#### ➤ Les lancettes

Elles sont à usage unique. Leur pointe se présente en général en triple biseau. Certaines sont siliconées afin de diminuer la sensibilité à la piqûre (MICROLET®) et certaines sont recapuchonnables après usage (BD Micro-Fine +™®), mais ceci expose à un risque accru de piqûre. Certaines lancettes peuvent s'utiliser avec des stylos de marque différente, mais il faut impérativement s'assurer de la compatibilité stylo/lancette. Par exemple, les lancettes BD Micro-Fine +™® sont compatibles avec tous les autopiqueurs sauf ACCU-CHEK Multiclix® et ACCU-CHEK Softclic®.

Les lancettes sont stériles et à usage unique. Elles ne doivent pas être réutilisées pour des raisons d'hygiène et pour éviter une piqûre plus douloureuse avec une lancette usagée.

Les lancettes sont inscrites sur la LPPR et sont donc remboursées. [72]

#### c) Le prélèvement capillaire

##### ➤ Préparation du matériel

Dans un premier temps, l'enfant doit préparer son matériel : l'autopiqueur, les lancettes, les bandelettes, le lecteur de glycémie, le collecteur de déchets et le carnet de surveillance.

##### ➤ Préparation du site de prélèvement

Ensuite, il se lave soigneusement les mains à l'eau chaude et au savon, ce qui active la circulation sanguine tout en éliminant les résidus susceptibles d'interférer sur le dosage, puis il essuie ses mains. Aucun autre produit ne doit être utilisé pour nettoyer ou désinfecter le site de prélèvement car celui-ci pourrait fausser les résultats. Le jeune diabétique ne doit pas utiliser d'alcool.

Il se masse le doigt de la paume de la main vers l'extrémité du doigt tout en dirigeant la main vers le bas dans le but de favoriser l'afflux sanguin.

##### ➤ La piqûre

Le jeune diabétique règle la profondeur de prélèvement de l'autopiqueur. Il faut toujours commencer par la profondeur la plus faible, puis augmenter si la goutte de sang est insuffisante.

Ensuite, il choisit le lieu du prélèvement sachant qu'il doit piquer sur l'un des trois derniers doigts (le majeur, l'annulaire ou l'auriculaire). En effet, le pouce et l'index sont à éviter car ils sont utiles pour de nombreuses activités. De plus, le diabétique doit également éviter la pulpe du doigt et préférer le côté de la dernière phalange, qui est la zone la plus irriguée et la moins innervée donc la moins douloureuse (figure 35).



**Figure 35 : Sites de prélèvement [78]**

Il doit effectuer une rotation des points de piqûre pour éviter les callosités, en alternant à chaque prélèvement la main, le doigt et le côté de la phalange.

Il insère une nouvelle lancette dans l'autopiqueur et pique au niveau de la zone choisie. Après avoir prélevé, le jeune ne doit pas presser trop fortement le doigt pour faire sortir plus de sang, puisqu'une dilution par le liquide interstitiel pourrait fausser le résultat.

➤ Dépôt de la goutte de sang

Dès que la goutte est suffisamment grosse, l'enfant approche la bandelette ou l'électrode, se trouvant insérée ou non dans le lecteur de glycémie selon le modèle, pour déposer la goutte de sang. Le résultat s'affiche en quelques secondes sur l'écran du lecteur.

Le diabétique inscrit la glycémie obtenue dans son carnet de surveillance et jette la lancette et la bandelette dans un conteneur adapté. [67], [72]

➤ Remarque : prélèvement sur site alternatif

Certains lecteurs de glycémie offrent la possibilité de prélever le sang sur d'autres sites que le doigt comme la paume de main, l'avant-bras, le bras, le mollet ou la cuisse. Les stylos autopiqueurs correspondants possèdent un embout spécial, par exemple l'embase transparente de l'autopiqueur ACCU-CHEK Multiclix® dans le kit lecteur ACCU-CHEK Performa®.

Avant de procéder à des prélèvements sur sites alternatifs, il convient d'en parler avec le diabétologue ou le médecin traitant qui approuvera ou non cette possibilité. En effet, les résultats peuvent différer de ceux obtenus par prélèvement capillaire au niveau du doigt.

Le prélèvement sur site alternatif, ou AST, peut être conseillé lorsque la glycémie est stable, par exemple immédiatement avant un repas ou juste avant le coucher. En revanche, l'utilisation de ce type de prélèvement n'est pas recommandé lorsque la glycémie est susceptible de varier rapidement, comme immédiatement après un repas ou après une activité physique et quand le patient craint une hypoglycémie (tableau IV). [73]

**Tableau IV : Recommandations pour les lieux de prélèvement capillaire en fonction du moment de réalisation du test [73]**

Moment où le test est pratiqué	Lieu de prélèvement de l'échantillon
Régulièrement avant les repas	Doigt ou sites alternatifs
Avant ou plus de deux heures après : – un repas ; – une injection d'insuline à action rapide ou un bolus de pompe à insuline ; – un exercice physique	Doigt ou sites alternatifs
Lorsque la glycémie change rapidement, par exemple : – dans les deux heures qui suivent un repas ; – dans les deux heures qui suivent une injection d'insuline à action rapide ou un bolus de pompe à insuline ; – pendant un exercice physique ou dans les deux heures qui suivent celui-ci	Doigt
En cas de crainte d'une hypoglycémie	Doigt

Source : Laboratoire Lifescan.

#### d) Le carnet d'autosurveillance

Fourni dans le kit de glycémie, le carnet de suivi s'obtient par la suite gratuitement chez le pharmacien ou par le laboratoire *via* leur numéro vert.

Il permet au patient diabétique de reporter quotidiennement ses résultats de glycémie capillaire, d'indiquer le nombre d'unités et le type d'insuline injectée et de noter tout commentaire jugé utile (hypoglycémie, activité physique, maladie, analyse urinaire...).

Ce carnet est un outil indispensable qui doit être apporté à chaque consultation médicale. Le praticien pourra ainsi l'analyser et ajuster au mieux le traitement de façon à maintenir les objectifs glycémiques. De plus, l'enfant doit apprendre à lire son carnet pour pouvoir comprendre les variations de sa glycémie (repas riche en glucides, activité physique intense...) et pour pouvoir adapter ses doses.

Pour remplir son carnet de suivi (exemple : figure 36), il faut inscrire :

- la date sous le jour de la semaine
- le résultat de glycémie dans les colonnes « avant » et « après »
- le type d'insuline et le nombre d'unités injectées dans la colonne « insuline »
- dans la colonne « observations », toute information utile pour la compréhension du résultat de la glycémie (activité physique, écart alimentaire, maladie, résultats des analyses urinaires...). [67]

Date	Glycémie réveil	Insuline	Après petit déjeuner	Avant déjeuner	Insuline	Après déjeuner	Avant dîner	Insuline	Après dîner	Insuline	Coucher	Observations (acétonurie, glycosurie, hypo, fièvre, maladie, événements particuliers ● TO = injection oubliée ● E* = exercice physique inhabituel ● A* = repas exceptionnel ● A* = repas non pris ● Prise d'autres médicaments...)
LUNDI												
MARDI			i.									
MERCREDI			ii.									
JEUDI			iii.									
VENDREDI			iv.									
SAMEDI												
DIMANCHE												

Pensez à apporter votre carnet et votre lecteur de glycémie à chaque consultation !

**Figure 36 : Exemple de carnet d'autosurveillance (ACCU-CHEK) [79]**

Le « Diabcarnet » de l'association Aide aux Jeunes Diabétiques (AJD) est une alternative au carnet papier. Le but de l'application est l'échange en ligne de données médicales sécurisées entre le jeune diabétique et son médecin, *via* le site [www.diabcarnet.com](http://www.diabcarnet.com). Il s'agit donc d'un carnet électronique. Les données de l'autosurveillance peuvent être représentées par des graphiques et des traitements statistiques. Pour s'inscrire en tant que patient, il faut être adhérent de l'AJD et pour que le médecin puisse se connecter à la plate-forme « Diabcarnet », il doit être membre du réseau des médecins de l'AJD ou membre d'associations de diabétologues sous convention de collaboration avec l'AJD. Le carnet est rempli tous les jours avec un clic de souris ou depuis son lecteur de glycémie par infrarouge ou câble USB. [80]

## e) L'autocontrôle glycémique en pratique

### ➤ Le rythme de l'autosurveillance glycémique [81]

L'enfant diabétique doit mesurer sa glycémie plusieurs fois par jour dans le but de pouvoir adapter ses doses d'insuline.

De façon régulière, il doit faire une mesure de glycémie :

- avant le déjeuner
- avant le dîner
- au coucher
- au réveil.

Si nécessaire, il peut effectuer une mesure à 10h et dans l'après-midi.

En plus des contrôles habituels, il est très utile de contrôler la glycémie :

- avant et après un effort physique
- au cours d'une maladie infectieuse
- en cas de sensation ou de risque d'hypoglycémie
- après un repas inhabituel, une fête...

### ➤ L'adaptation des doses d'insuline [82]

Le jeune diabétique doit savoir adapter ses doses d'insuline à ses besoins. Ceci nécessite la connaissance des principes fondamentaux de l'adaptation des doses et un apprentissage rigoureux auprès du diabétologue.

Le but est d'atteindre les objectifs glycémiques fixés conjointement avec le médecin, en évitant le plus possible les hypoglycémies et les hyperglycémies.

L'autosurveillance glycémique et la tenue du carnet de surveillance sont indispensables pour apporter les informations nécessaires à l'adaptation des doses.

Dans un premier temps, **l'adaptation** des doses se fait en fonction des résultats glycémiques de la veille et des jours précédents.

Pour cela, l'enfant doit lire le carnet de surveillance et ainsi classer ses résultats. Avant les repas, les résultats peuvent être classés (tableau V).

**Tableau V : Classification des résultats glycémiques**

	GLYCEMIE
Trop bas ou hypoglycémie	Moins de 0,60 g/L ou malaise
Normaux	De 0,60 g/L à 1,20 g/L
Un peu élevés	De 1,20 g/L à 1,80 g/L
Trop élevés	Plus de 1,80 g/L

Après les repas et au coucher, les glycémies sont normalement un peu plus élevées (1,20 g/L à 1,80 g/L).

Il doit ensuite chercher à comprendre les résultats ; s'il est trop petit, ce sont ses parents qui effectuent cette étape.

En effet, l'hypoglycémie peut être due à un repas trop léger, un repas pris en retard, une collation oubliée ou une activité physique plus importante que d'habitude.

L'hyperglycémie peut être due à un repas trop riche en glucides, un grignotage entre les repas ou une activité physique moins importante que d'habitude.

Pour adapter ses doses d'insuline, le jeune diabétique doit suivre certaines règles (tableau VI).

**Tableau VI : Règles générales d'adaptation des doses d'insuline**

Si les résultats glycémiques sont :	ACTION
Trop bas	Diminuer la dose
Normaux Un peu élevés Trop élevés (un seul jour)	Faire la même dose
Trop élevés (plusieurs jours de suite)	Augmenter la dose

Pour savoir de combien augmenter ou diminuer la dose d'insuline, il faut se référer à la dose habituelle d'insuline.

Si la dose d'insuline est inférieure à 5 UI, il faut augmenter ou diminuer de 0,5 UI.

Si la dose d'insuline est comprise entre 5 et 15 UI, il faut augmenter ou diminuer de 1 UI.

Si la dose d'insuline est supérieure à 15 UI, il faut augmenter ou diminuer de 2 UI.

Par contre, après un malaise hypoglycémique sévère (c'est-à-dire nécessitant l'intervention d'une tierce personne), il faut diminuer la dose deux fois plus. Par exemple, si la dose habituelle est de 13 UI, il faudra diminuer de 2 UI (2 x 1 UI).

Pour savoir quelle insuline adapter, l'enfant diabétique doit connaître l'insuline qui agit au moment où la glycémie est mesurée.

Une glycémie témoigne toujours de l'activité de l'injection précédente d'insuline.

En règle générale,

- la dose du matin est adaptée selon les résultats du midi (avant le repas) des jours précédents
- la dose du midi est adaptée selon les résultats de fin d'après-midi (avant le repas du soir)
- la dose du soir est adaptée selon les résultats au coucher et au réveil.

Par exemple, un enfant diabétique avec un schéma à deux injections par jour s'administre un mélange d'insuline rapide et d'insuline prolongée deux fois par jour.

Il adapte la dose d'insuline rapide :

- du matin, selon les glycémies de la matinée et avant le repas du midi
- du soir, selon les glycémies du coucher et de début de nuit.

Il adapte la dose d'insuline prolongée :

- du matin, selon les glycémies de l'après-midi et du soir
- du soir, selon les glycémies de fin de nuit et de réveil.

Par contre, il ne peut adapter qu'une insuline à la fois.

Dans un second temps, **la correction** des doses se pratique juste avant l'injection, en fonction de la glycémie au moment de l'injection et de l'activité physique prévue.

Cette correction des doses ne peut être réalisée qu'à partir du moment où l'adaptation des doses est comprise par le patient diabétique.

Au moment de l'injection,

- si la glycémie est normale, l'enfant ne corrige pas
- si la glycémie est trop basse, l'enfant ne corrige pas
- si la glycémie est trop élevée, l'enfant corrige. Il rajoute une petite quantité d'insuline rapide, définie au préalable avec le diabétologue. La correction ne porte que sur la dose d'insuline rapide.

Lorsqu'un exercice physique est prévu dans la journée, le jeune diabétique diminue la dose d'insuline correspondant à la période de l'exercice. La diminution dépend de l'intensité, de la durée de l'effort physique et de l'expérience. La dose à diminuer est à définir individuellement avec le diabétologue.

En pratique, l'adaptation et la correction des doses d'insuline sont une partie difficile du traitement : au début, angoisse majeure des parents qui finissent en général par en acquérir une bonne maîtrise, avant de devoir passer le relais à un adolescent qui n'a souvent ni la maturité ni la motivation nécessaires pour l'assurer. [83]

## 2- L'autosurveillance urinaire

Pour les diabétiques, le premier moyen de détecter un déséquilibre du diabète est de contrôler la glycémie grâce à un lecteur de glycémie, cependant il est également possible de suivre une anomalie en recherchant la présence de corps cétoniques et de sucre dans les urines. Cette technique était très employée autrefois. [73]

Les analyses d'urine permettent donc de détecter une glycosurie et une cétonurie. Normalement ces paramètres doivent être nuls dans les urines.

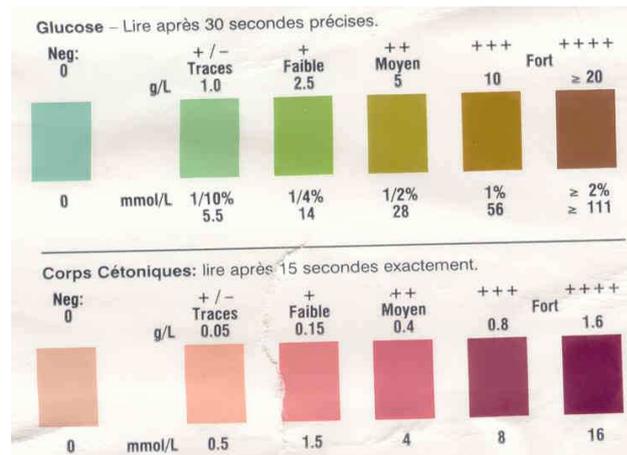
La glycosurie est la présence de glucose dans les urines et elle traduit une glycémie trop importante ( $> 1,80$  g/L) des heures passées. En effet, le glucose en excès dans le sang est excrété dans les urines. La recherche de sucre dans les urines a donc une grande importance dans la détection des hyperglycémies nocturnes. Une glycosurie positive doit impérativement faire vérifier la glycémie.

La cétonurie détecte les corps cétoniques dans les urines. Si la cétonurie s'accompagne d'une glycémie basse, elle est due à une insuffisance d'apport en glucose (jeûne prolongé) et elle va se résorber en mangeant. Par contre, une cétonurie s'accompagnant d'une glycémie et d'une glycosurie élevées, relève d'un déficit important en insuline. Le glucose ne pénètre pas dans les cellules, alors l'organisme utilise les graisses de réserve comme source d'énergie (à la place du glucose), ce qui conduit à la production de corps cétoniques dans le sang puis dans les urines. Cependant, les corps cétoniques sont acides et produisent une acidose. Le risque est un coma acidocétosique. La recherche de corps cétoniques est alors systématique lorsque la glycémie capillaire est supérieure à  $2,50$  g/L.

En pratique, les bandelettes urinaires sont des supports en plastique rigides sur lesquels figurent une ou différentes plages réactives. Effectivement, les bandelettes commercialisées ont plusieurs fonctions : recherche de glucose et/ou des corps cétoniques, recherche de nitrites, de leucocytes, de protéines, d'hématies et mesure du pH. Elles sont à usage unique et doivent impérativement être conservées dans leur flacon d'origine à une température comprise entre  $2^{\circ}\text{C}$  et  $30^{\circ}\text{C}$  et à l'abri de l'humidité.

Le mode d'emploi est simple. L'enfant doit uriner sur la bandelette ou dans un récipient propre et sec dans lequel la bandelette est trempée. Le résultat est lu après égouttage et un temps de contact variable selon le fabricant. Les zones réactives vont réagir en changeant de couleur. Pour chaque paramètre, le résultat obtenu est comparé à une échelle colorimétrique figurant sur les flacons de bandelettes (figure 37). Selon les fabricants, la lecture du résultat est qualitative ou quantitative.

Seulement deux types de bandelettes sont utilisés pour réaliser un dosage semi-quantitatif du glucose : KETO-DIABUR TEST 5000<sup>®</sup> et KETO-DIASTIX<sup>®</sup>, elles permettent aussi la recherche de corps cétoniques. [75]



**Figure 37 : Bandelettes KETO-DIASTIX avec l'échelle colorimétrique [84], [85]**

L'analyse d'urine chez l'enfant est recommandée :

- le matin au réveil
- à d'autres moments de la journée, selon les recommandations du médecin
- si la glycémie est supérieure à 2,50 g/L.

Elle doit être notée dans le carnet de surveillance. [82]

### **C- La gestion des déchets de soin**

L'élimination des lancettes, aiguilles et bandelettes s'avère problématique et contraignante pour les patients diabétiques de type 1, d'autant plus que les injections d'insuline et les contrôles de la glycémie sont quotidiens.

Le pharmacien d'officine est souvent sollicité pour répondre aux nombreuses questions et attentes des patients à ce sujet. [86]

## 1- Définition des déchets

Les lancettes, aiguilles, seringues et bandelettes sont considérés comme des Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux (DASRI).

Selon le décret n° 97-1048 du 6 novembre 1997, les DASRI sont des déchets issus des activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif, curatif ou palliatif, dans les domaines de la médecine humaine et vétérinaire. [87]

## 2- Tri et conditionnement des DASRI

Les DASRI sont recueillis dans des emballages à usage unique : boîtes ou collecteurs (figure 38). Depuis l'arrêté du 24 novembre 2003, les boîtes et mini-collecteurs pour déchets perforants (c'est-à-dire seulement les déchets piquants ou coupants : lancettes, aiguilles et seringues) doivent :

- être normalisés (NF X 30-500)
- pouvoir être fermés temporairement
- pouvoir être fermés définitivement avant leur enlèvement
- être de couleur dominante jaune
- porter l'étiquette de danger biologique
- posséder un repère horizontal indiquant la limite de remplissage. [87] [88]



**Figure 38 : Exemple d'un collecteur BD Sharps Container 1,5 L [89]**

L'emballage doit être résistant à la perforation, aux fuites, aux chocs. Ces boîtes permettent ainsi de stocker et d'éliminer en toute sécurité les déchets de soin. Les récipients inadaptés (comme une bouteille d'eau) sont dangereux car il existe un risque d'écrasement, de perçage et ils peuvent dégager des polluants à l'incinération. Le jeune diabétique ne peut donc pas utiliser un autre récipient pour ses déchets.

Le patient diabétique peut se procurer ces collecteurs dans les pharmacies. Certains fabricants proposent des kits composés de boîtes d'aiguilles ou lancettes et d'un collecteur de déchets de soin. Ces kits sont vendus aux mêmes prix que les aiguilles ou lancettes seules et sont remboursés sur prescription.

Les boîtes jaunes peuvent également être achetées seules (en pharmacie ou auprès de grandes enseignes de vente de matériel médical).

Cependant, suite au décret n°2010-1263 du 22 octobre 2010 (loi Grenelle II), les officines de pharmacie et les pharmacies à usage intérieur devront à partir du 1<sup>er</sup> novembre 2011 délivrer gratuitement aux patients dont l'autosurveillance comporte l'usage de matériels ou de matériaux piquants ou coupants, un collecteur de déchets d'un volume correspondant à celui des produits délivrés. [90]

### 3- Elimination des DASRI

Les collecteurs de déchets ne peuvent pas être conservés plus de trois mois ni être jetés dans les déchets ménagers.

Ceux-ci peuvent être déposés, selon les territoires, dans les pharmacies, les déchetteries (depuis 2000), dans une borne automatique ou des locaux spécifiques mis à disposition par les collectivités locales. Pour connaître le mode de collecte mis en place dans sa ville, le diabétique doit se renseigner auprès de la mairie qui a un devoir d'information en la matière.

D'après l'article 187 de la loi de Grenelle II, « *en l'absence de dispositif de proximité spécifique, les officines de pharmacies, les pharmacies à usage intérieur et les laboratoires de biologie médicale sont tenus de collecter gratuitement les déchets d'activités de soins à*

*risque infectieux perforants produits par les patients en auto-traitement, apportés par les particuliers qui les détiennent* ». [91]

En résumé, le patient diabétique est responsable de l'élimination des aiguilles et lancettes qu'il a utilisées. Le décret du 6 novembre 1997 confirme que « *toute personne qui produit des déchets est tenue de les éliminer* ». Or les filières de collecte, de stockage et d'élimination (incinération) des DASRI sont imparfaites voire le plus souvent inexistantes dans certaines communes.

## **D- Les situations d'urgence**

### 1- L'hypoglycémie [92]

Une hypoglycémie se définit par une glycémie trop basse, c'est-à-dire inférieure à 0,60 g/L et la conséquence est un malaise hypoglycémique avec des signes typiques que l'enfant doit apprendre à reconnaître (sueurs, sensation de faim, fatigue, tremblements...).

#### a) Que faire en cas d'hypoglycémie ?

Il ne faut pas attendre et cesser toute activité. L'enfant s'assoit afin de prévenir tout risque de chute.

Il réalise une glycémie. Cette mesure confirme l'hypoglycémie (même si elle est faite tout de suite après avoir pris du sucre) et lui permet d'apprendre à reconnaître les signes de l'hypoglycémie, puisque tous les signes ne sont pas forcément dus à une hypoglycémie.

Conduite à tenir face à un malaise hypoglycémique qui ne semble pas grave ou lorsque la glycémie est basse (< 0,60 g/L) sans signes cliniques

▪ Si le malaise se produit à l'heure d'une collation ou d'un repas sans injection d'insuline :

- prendre du sucre (environ 1 morceau pour 20 kg de poids)
- attendre que le malaise passe (en général en quelques minutes)
- puis prendre le repas ou la collation comme d'habitude.

L'enfant doit savoir que l'hypoglycémie est souvent suivie d'une hyperglycémie car il prend trop de sucre. Le mieux est d'utiliser du sucre en morceaux (un morceau de sucre n°4 = 5 grammes). Un sucre pour 20 kg de poids corrige la plupart des hypoglycémies. Il peut être humidifié pour une meilleure absorption.

Il est donc indispensable que l'enfant ait toujours du sucre sur soi (en emballages individuels).

Si le jeune utilise un autre produit sucré, il doit connaître son équivalence en morceaux de sucre pour éviter une hyperglycémie (figure 39).

Il ne doit pas prendre de boissons ou produits light car ils seront inefficaces.

Les produits déconseillés, car moins efficaces, sont les fruits, les jus de fruits frais, le chocolat et les biscuits.



Figure 39 : Equivalence entre morceaux de sucre et les autres produits sucrés [92]

- Si le malaise se produit à l'heure d'une injection d'insuline :
  - prendre du sucre
  - attendre que le malaise passe
  - puis faire l'injection d'insuline
  - prendre le repas comme d'habitude.
  
- Si le malaise se produit à un autre moment :
  - prendre du sucre
  - attendre que le malaise passe
  - prendre un morceau de pain (10 g de pain ou une biscotte pour 20 kg de poids (tableau VII)).

**Tableau VII : Quantité de pain ou de biscotte à prendre après une hypoglycémie en fonction du poids [92]**

AGE	POIDS	QUANTITE DE PAIN	NOMBRE DE BISCOTTE
6 ans	20 kg	10 g	1
12 ans	40 kg	20 g	2
> 12 ans	60 kg	30 g	3

Conduite à tenir face à un malaise qui ne passe pas après dix minutes ou qui passe mais recommence

Cette situation est fréquente après un effort physique, si l'enfant n'a pas mangé après son injection d'insuline ou en cas de vomissements.

Dans ce cas là, il faut alors refaire la glycémie et prendre du sucre. Si le malaise est toujours présent, l'enfant doit reprendre du sucre dix minutes plus tard.

Ensuite, l'enfant doit manger ou prendre une collation et il surveille sa glycémie environ une heure après avoir mangé.

Si l'enfant vomit, il faut lui donner de l'eau sucrée par petites quantités répétées pour faire passer les vomissements.

### Conduite à tenir face à un malaise grave

Le malaise est grave quand l'enfant perd conscience.

La conduite à tenir concerne donc les parents et l'entourage.

Il ne faut surtout pas essayer de lui faire ingérer un aliment car le risque est une fausse-route.

Une personne de l'entourage doit procéder à l'injection de glucagon (une ampoule de GLUCAGEN®) par voie sous-cutanée ou en intramusculaire le plus rapidement possible.

Le malaise doit disparaître en quelques minutes. Il faut ensuite faire absorber à l'enfant du sucre puis du pain.

Si le malaise ne passe pas dix minutes après l'injection du GLUCAGEN®, appeler le médecin ou le 15.

#### b) L'injection de glucagon

Le glucagon est une hormone hyperglycémisante qui mobilise le glycogène hépatique et alors il est libéré dans le sang sous forme de glucose, d'où son intérêt dans les malaises hypoglycémiques graves.

Il est commercialisé sous le nom de GLUCAGEN® kit.

La posologie est de 1 mg pour les adultes et les enfants de plus de 25 kg ou ayant plus de 6 à 8 ans. Pour les enfants de moins de 25 kg ou ayant moins de 6 à 8 ans, la posologie est de 0,5 mg.

Le glucagon se conserve au réfrigérateur entre 2°C et 8°C jusqu'à la date de péremption. La congélation est à éviter. En cas de voyage par exemple, ce kit peut être conservé à température ambiante (jusqu'à 25°C) pendant 18 mois.

Par contre, après reconstitution, GLUCAGEN® kit doit être immédiatement utilisé.

Dans la boîte de GLUCAGEN® kit (figure 40), se trouve :

- un flacon contenant le glucagon en poudre (1 mg)
- une seringue pré-remplie d'eau (1 mL) qui permet de dissoudre la poudre.



**Figure 40 : GLUCAGEN® KIT [93]**

Il faut penser à vérifier régulièrement la date de péremption. Si le kit est périmé, il faut s'en faire prescrire un nouveau.

Pour préparer l'injection, il faut :

- retirer la capsule orange du flacon de poudre
- enlever le capuchon de l'aiguille
- piquer l'aiguille de la seringue dans le bouchon du flacon de poudre
- injecter la totalité de l'eau de la seringue dans le flacon
- si nécessaire, agiter légèrement le flacon sans retirer la seringue jusqu'à dissolution complète de la poudre (en général, la poudre se dissout instantanément)
- prélever la solution avec la seringue
- chasser l'air de la seringue.

L'injection de glucagon se fait comme l'injection d'insuline : dans les mêmes zones, avec la même technique en sous-cutané ou en intra-musculaire.

Comme l'injection est faite par les parents ou une personne de l'entourage, il faut s'assurer qu'ils connaissent bien le mode d'emploi du GLUCAGEN® kit et à quel moment ils doivent s'en servir. Ainsi lorsqu'un GLUCAGEN® kit est périmé, il est conseillé de le donner à une infirmière ; celle-ci pourra ainsi faire répéter les parents.

De plus, il est important de laisser un kit à l'école et de former les enseignants sur l'injection du GLUCAGEN®.

### c) Que faire après un malaise hypoglycémique ?

Le jour même, l'enfant devra noter dans son carnet de surveillance : l'heure du malaise, la glycémie, les signes de gravité, ainsi que le traitement (sucre, pain, glucagon).

Il devra également définir la cause éventuelle du malaise : l'alimentation (repas sauté, repas pris en retard...), l'exercice physique (effort physique plus important que d'habitude).

Le lendemain, il faut éviter que l'hypoglycémie ne se reproduise.

Si la cause est évidente, le jeune diabétique ne doit pas modifier sa dose d'insuline. Sinon, la dose d'insuline qui est en cause devra être diminuée.

Si l'hypoglycémie s'est produite la nuit, pour l'éviter il faut :

- s'assurer de la prise d'un dîner correct
- diminuer la dose d'insuline du soir si l'enfant a pratiqué une activité physique en fin d'après-midi
- vérifier la glycémie au coucher. Si la glycémie est inférieure à 1,20 - 1,50 g/L, l'enfant doit prendre une collation et diminuer la dose d'insuline rapide le lendemain soir, en l'absence d'explication.

## 2- L'hyperglycémie [94]

L'hyperglycémie est un taux élevé de sucre dans le sang.

Une hyperglycémie peut survenir sans signe annonciateur, il est donc important que l'enfant surveille régulièrement sa glycémie.

a) Que faire en cas d'hyperglycémie avec cétonurie ?

Lorsque la glycémie est supérieure à 2,50 g/L, que la glycosurie est élevée et que des corps cétoniques sont présents dans les urines, l'enfant est en hyperglycémie avec cétonurie.

Il faut tout d'abord corriger cette hyperglycémie. Pour cela, il faut faire une injection supplémentaire d'insuline rapide, soit  $1/10^{\text{ème}}$  de la dose totale d'insuline de 24h. Par exemple, si le total est de 30 UI, 3 UI d'action rapide seront injectées.

Si l'hyperglycémie est détectée au moment de l'heure d'une injection d'insuline, il faudra que l'enfant s'injecte sa dose habituelle d'insuline avec un supplément d'insuline rapide.

Ensuite, l'enfant devra manger normalement, malgré l'hyperglycémie.

Il devra répéter les analyses de sang et d'urine toutes les 4h, même la nuit.

Il est conseillé de ne pas faire de sport jusqu'à la disparition complète de l'acétone dans le sang et les urines.

En cas de maladie associée (maladie auto-immune : problème de thyroïde, maladie coeliaque), il faut appeler le médecin.

Si la situation ne s'améliore pas, il faut faire des suppléments d'insuline rapide en plus des injections habituelles toutes les 4h (toujours  $1/10^{\text{ème}}$  de la dose totale d'insuline de 24h) et demander conseil au médecin ou à l'hôpital.

Si malgré tout, l'enfant ne va toujours pas mieux (besoin fréquent d'uriner, soif intense, fatigue), il faut faire un supplément d'insuline rapide de  $1/5^{\text{ème}}$  de la dose totale de 24h et si des signes d'acidocétose apparaissent, l'hospitalisation d'urgence s'impose.

Sur le carnet de surveillance, le jeune diabétique devra noter : les signes, les résultats de toutes les analyses de sang et d'urine, ainsi que les suppléments d'insuline (dose et heure), pour pouvoir discuter avec le diabétologue des adaptations ultérieures à apporter au traitement.

## b) Comment éviter l'hyperglycémie avec cétonurie ?

L'enfant doit connaître les causes de l'hyperglycémie.

Le plus souvent, il s'agit d'un manque d'insuline :

- injections interrompues par erreur, car l'enfant ne s'alimente pas
- injections oubliées volontairement ou non
- doses d'insulines très insuffisantes
- cathéter déconnecté, pour les enfants sous pompe à insuline
- repas trop copieux
- activité physique moins intense que prévue.

Il peut aussi s'agir d'une augmentation brutale des besoins en insuline, en cas d'une maladie infectieuse avec forte fièvre, déshydratation ou d'un stress.

Les conseils à donner à un jeune diabétique sont :

- ne jamais interrompre les injections d'insuline, même si l'alimentation est impossible
- effectuer régulièrement les analyses d'urine notamment si la glycémie est supérieure à 2,50 g/L
- ne pas hésiter à demander conseil au diabétologue, surtout en cas de maladie infectieuse ou vomissements.

## **E- Le pied diabétique**

Comme nous l'avons vu précédemment dans la première partie, les lésions du pied constituent une complication possible du diabète pouvant aller jusqu'à l'amputation. C'est pourquoi le pied d'un diabétique doit bénéficier de toutes les attentions dès le plus jeune âge.

Ce type de complication survient principalement après plusieurs années de diabète et touche donc rarement les jeunes diabétiques ; cependant les bonnes habitudes sont à prendre le plus tôt possible.

Les conseils à donner à l'enfant sont :

- inspecter tous les jours ses pieds ou avec l'aide d'un membre de la famille
- se laver quotidiennement les pieds et sécher soigneusement, y compris entre les orteils
- ne pas marcher pieds nus à la maison comme en vacances, en particulier à la plage ou dans l'herbe
- mettre de la crème hydratante sur les pieds secs (mais pas entre les orteils)
- acheter des chaussures confortables, plutôt en fin de journée (car les pieds seront gonflés).
- ne pas porter des chaussures neuves plus d'une demi-journée
- porter des chaussettes plutôt en coton, éviter les fibres synthétiques et les changer tous les jours
- couper les ongles pas trop courts, à coins carrés en utilisant une lime en carton pour la finition. Ne pas utiliser de ciseaux pointus.
- ne pas traiter soi-même les callosités avec des instruments métalliques ou des coricides
- ne pas faire de bain de pied trop prolongé (plus de 10 minutes) qui ramollissent les peaux mortes et sont des portes d'entrée pour une infection
- éviter les températures extrêmes (bouillotte, radiateur, cheminée).

Si une lésion est constatée (ulcération, ampoule...), il faut consulter un médecin surtout si elle est indolore ou en cas de présence de rougeur ou d'œdème. [95]

A l'officine, il existe une gamme podologique spécifique pour les pieds diabétiques. Il s'agit d'ALKIDIA® des laboratoires Aseptia. On peut donc conseiller :

- la crème protectrice, soin quotidien du pied (figure 41)
- l'huile de bain
- la lotion de toilette, sans eau ni rinçage. [96]



**Figure 41 : Crème protectrice ALKIDIA®,  
soin quotidien du pied [96]**

## **F- Les soins médicaux [97]**

### **1- Les examens médicaux particuliers et interventions chirurgicales**

Certains examens nécessitent d'être à jeun (par exemple une prise de sang). Dans ce cas-là, il faut informer de l'existence du diabète et demander un rendez-vous le plus tôt possible le matin.

Pour un jeûne de courte durée (inférieur à deux heures), l'injection d'insuline se fera après l'examen, à la même dose que d'habitude et l'enfant devra manger.

Pour un jeûne plus long (plus de deux heures), la dose d'insuline est à adapter en fonction de l'heure et du type d'examen. Il faut demander conseil au diabétologue.

Pour une anesthésie générale, l'enfant doit venir à jeun le jour de l'intervention, mais l'injection d'insuline reste nécessaire. Du sérum glucosé peut être perfusé jusqu'à la reprise de l'alimentation.

Si l'anesthésie est courte, l'insuline d'action prolongée peut être injectée par voie sous-cutanée en diminuant de beaucoup la dose. Le repas sera alors précédé d'une injection rapide.

Si l'anesthésie est longue, l'insuline est administrée par voie veineuse. La quantité d'insuline sera adaptée au fur et à mesure, en fonction des résultats des glycémies.

## 2- La vaccination

Le diabète n'est pas une contre-indication à la vaccination. L'enfant diabétique doit donc être vacciné comme les autres selon les recommandations du calendrier vaccinal.

Par contre, le vaccin antigrippal est pris en charge par la sécurité sociale pour les enfants diabétiques. En effet, comme toute maladie fébrile, la grippe risque de déséquilibrer le diabète.

## 3- Les médicaments

Certains médicaments provoquent une élévation de la glycémie.

En effet, il faut se méfier des sirops ; la plupart contiennent du sucre. Une cuillère mesure de sirop apporte environ 5 grammes de sucre (ce qui correspond à un morceau de sucre). Si le jeune diabétique doit utiliser un sirop sucré, il est préférable de le prendre au cours du repas.

De plus, l'enfant peut être amené à utiliser des corticoïdes, médicaments indispensables pour traiter certaines maladies. Ceux-ci sont hyperglycémiant, alors l'enfant devra effectuer des analyses plus fréquemment pendant toute la durée du traitement et il adaptera les doses d'insuline aux résultats glycémiques.

# **II – Le jeune diabétique et son environnement**

## **A- L'école**

L'enfant diabétique est un élève comme les autres. Il doit pouvoir bénéficier d'une scolarité normale, jouer en récréation avec ses camarades, pratiquer les mêmes sports que les autres et manger à la cantine.

Il doit juste pouvoir prendre une collation si besoin, faire ses analyses et ses injections d'insuline si nécessaire dans de bonnes conditions.

A chaque rentrée scolaire, l'élève diabétique et ses parents doivent rencontrer les enseignants et si possible le service de santé scolaire pour les informer.

Pour faciliter l'intégration scolaire d'un jeune diabétique, le ministère de l'éducation nationale encourage la rédaction d'un Projet d'Accueil Individualisé (PAI), démarche concertée entre la famille, les enseignants, le diabétologue et le médecin scolaire.

### 1- Le Projet d'Accueil Individualisé

Le PAI est rédigé à la demande de la famille, par le directeur de l'établissement en concertation étroite avec le médecin scolaire. Ce projet prend en compte les recommandations médicales du diabétologue (ordonnance du traitement avec le nom du médicament et la posologie, les demandes d'aménagements spécifiques, la prescription ou non d'un régime alimentaire) et décrit précisément les circuits d'urgence et les gestes d'urgence.

Ce projet permet :

- à l'enfant de pouvoir participer à toutes les activités de son âge : école, cantine, activités physiques, classe de découverte...
- aux enseignants, éducateurs, personnel de cantine d'être mieux informés sur le diabète et de pouvoir accueillir l'enfant dans de meilleures conditions.

Le PAI n'est pas obligatoire. Si l'enfant est déjà bien intégré dans l'école, il n'est pas indispensable. Le PAI est à prévoir lorsque la famille ou l'école perçoit un risque de difficultés d'intégration, en particulier à l'arrivée dans un nouvel établissement ou lors des occasions qui modifient notablement les contraintes pour l'école.

Le PAI peut ainsi être établi :

- après le diagnostic du diabète, le plus rapidement possible pour que l'enfant puisse continuer sa scolarité sans changement par rapport à son statut d'élève
- à chaque début d'année scolaire
- à chaque changement d'établissement
- lors d'un changement de traitement
- pour préparer une classe de découverte ou un voyage.

Ce document organise les modalités particulières de la vie quotidienne dans la collectivité et fixe les conditions d'intervention des partenaires. Sont notamment précisés les conditions des prises des repas, les interventions médicales, paramédicales ou de soutien, leur fréquence, leur durée, leur contenu et les aménagements souhaités. [98]

## 2- En maternelle et en primaire

Selon l'âge de l'enfant, l'implication de l'école est différente.

En règle générale, le traitement par insuline est un schéma à deux injections donc celles-ci sont effectuées à la maison (le matin et le soir). Seule la surveillance glycémique doit pouvoir être faite à l'école en cas d'hypoglycémie, de restauration scolaire ou dans des situations particulières.

L'enseignant doit pouvoir dépister une hypoglycémie ; les signes d'hypoglycémies propres à l'enfant seront signalés par les parents. L'enseignant doit alors pouvoir contrôler la glycémie capillaire et savoir le traitement d'une hypoglycémie (prise de sucre et d'un glucide lent si le malaise est à distance d'un repas).

L'hypoglycémie avec perte de conscience est exceptionnelle. Cependant, l'enseignant doit savoir quoi faire : appeler le 15, ne rien donner à manger par la bouche, faire si possible une injection de glucagon selon l'ordonnance donnée à l'école (un kit de GLUCAGEN® doit être disponible à l'école et conservé si possible au réfrigérateur).

L'enfant doit en général prendre une collation dans la matinée (vers 10h), fournie par les parents. Lors des anniversaires fêtés à l'école (fréquents en maternelle), il est préférable que ceux-ci soient organisés dans la matinée ; l'enfant prend alors une petite part de gâteau (à la place de sa collation habituelle).

L'enfant diabétique doit pouvoir sortir de classe pour boire ou uriner. Mais si cela est fréquent, les parents devront être informés, car ce sont des signes d'hyperglycémie.

Les activités physiques habituelles, au sein de l'école, ne posent pas de problème particulier. Les parents devront seulement être prévenus de toute activité inhabituelle (exemple : sortie scolaire).

L'enfant peut manger à la cantine scolaire. Un contrôle de la glycémie juste avant le repas est souhaitable. A partir du cours préparatoire (CP), l'enfant diabétique est en général capable d'effectuer lui-même le contrôle de sa glycémie.

Le personnel de la cantine doit s'assurer que l'enfant mange correctement. [99]

### 3- Au collège et au lycée

A partir du collège, le jeune diabétique est de plus en plus autonome vis-à-vis de son traitement.

La plupart du temps, l'adolescent sait reconnaître une hypoglycémie. Il doit pouvoir contrôler sa glycémie en classe et s'alimenter (sucre et collation) pendant un cours. Le traitement du diabète (surveillance, injection) ne justifie habituellement aucune absence de cours (sauf un malaise hypoglycémique sévère).

Le sport doit être pratiqué normalement. Le professeur d'éducation physique doit être prévenu de la présence d'un jeune diabétique dans son cours. Le diabétique doit avoir à portée de main son lecteur de glycémie, du sucre et une collation en cas de besoin.

La restauration scolaire est possible. A partir du collège, beaucoup de jeunes diabétiques ont une injection d'insuline à effectuer avant le repas du midi. Cette injection est possible à table ou dans un endroit plus discret. [99]

#### 4- Les repas à la cantine

L'alimentation d'un enfant diabétique est identique à celle de tout autre enfant : c'est une alimentation équilibrée.

Lorsque l'enfant est diabétique de type 1, il doit cependant :

- avoir des quantités régulières de féculents et de pain
- privilégier le fruit à la place du dessert sucré. [98]

#### 5- Le sport

L'enfant diabétique peut pratiquer une activité physique sauf lorsqu'il est en hyperglycémie avec cétose.

Il est donc important de pouvoir suivre l'évolution de la glycémie avant, pendant et après le sport.

Le jeune doit toujours avoir du sucre et une collation à portée de main. [98]

#### 6- Pour passer des examens ou concours

Un jeune qui est diabétique peut bénéficier d'un aménagement des conditions d'examen ou de concours.

Pour cela, l'enfant doit constituer un dossier sous la responsabilité d'un référent scolaire (personnel de l'éducation nationale mis en place par l'inspecteur de l'académie). Les pièces du dossier sont un certificat médical détaillé (motivant la demande) et un imprimé spécifique. Ce dossier est ensuite envoyé à la Maison Départementale des Personnes

Handicapées (MDPH). Pour bénéficier du tiers temps supplémentaire, le dossier doit être constitué au plus tard trois mois avant la date des examens.

L'enfant doit savoir qu'un diabète équilibré ne présente pas un caractère de droit à ouverture du dossier d'aménagement des conditions d'examen (excepté pour les épreuves dont la durée en continu est supérieure à quatre heures).

Cette démarche est assez lourde ; le jeune diabétique est libre de souhaiter ou non d'en faire la demande. [98]

## **B- L'alimentation [64]**

### 1- L'alimentation équilibrée

Chaque personne, diabétique ou non, doit manger équilibrer.

Une alimentation équilibrée apporte tous les aliments dans les bonnes proportions et est répartie en trois principaux repas.

Cependant, le jeune diabétique ne doit pas manger n'importe quand et n'importe quoi. En effet, les injections d'insuline et les repas sont liés. Le diabétique doit manger après une injection d'insuline (tout de suite après s'il s'agit d'un analogue d'insuline rapide ou environ trente minutes après s'il s'agit d'une insuline rapide). De plus, il ne peut pas sauter de repas sinon il risque une hypoglycémie.

L'enfant doit manger des quantités régulières pour éviter de trop grandes variations glycémiques. Il doit donc apprendre à choisir ses aliments et à composer ses repas pour que la quantité d'aliments glucidiques varie peu d'un jour à l'autre.

Pour cela, le jeune diabétique doit dans un premier temps connaître les aliments pour mieux les choisir. Ils sont classés en sept groupes :

- les féculents et les produits céréaliers, sources principales de glucides : à consommer à chaque repas
- les fruits et les légumes, contenant des glucides en quantité variable et riche en fibres : à consommer à chaque repas
- les produits laitiers, source principale de calcium : à consommer à chaque repas
- la viande, le poisson ou les œufs, riches en protéines : à consommer une ou deux fois par jour et consommer deux fois par semaine du poisson
- les matières grasses, riches en lipides : à consommer en quantité raisonnable à chaque repas
- les produits sucrés, contenant principalement du sucre : ne sont pas indispensables donc à consommer occasionnellement
- les boissons : l'eau est la seule boisson indispensable.

L'enfant doit apprendre à composer les principaux repas (petit déjeuner, déjeuner, dîner). Il est nécessaire pour cela de connaître quelques équivalences glucidiques.

Pour que la quantité de glucides d'un repas varie peu d'un jour à l'autre, l'enfant doit suivre une règle simple :

$\text{féculents} = \text{pain} + \text{légumes} = \text{féculents} + \text{un peu de pain} + \text{légumes}$
---

En effet, comme nous l'avons expliqué dans la première partie, cette règle se base sur la notion d'index glycémique des aliments. Les légumes, riches en fibres, ralentissent l'absorption glucidique du pain (qui a un index glycémique élevé) et ainsi la présence des légumes dans l'alimentation permet d'équilibrer la ration en glucides.

Il est également utile de connaître la correspondance entre les principaux féculents, en employant des unités ménagères (cuillères, tasses...) ou en visualisant des photos (figure 42).

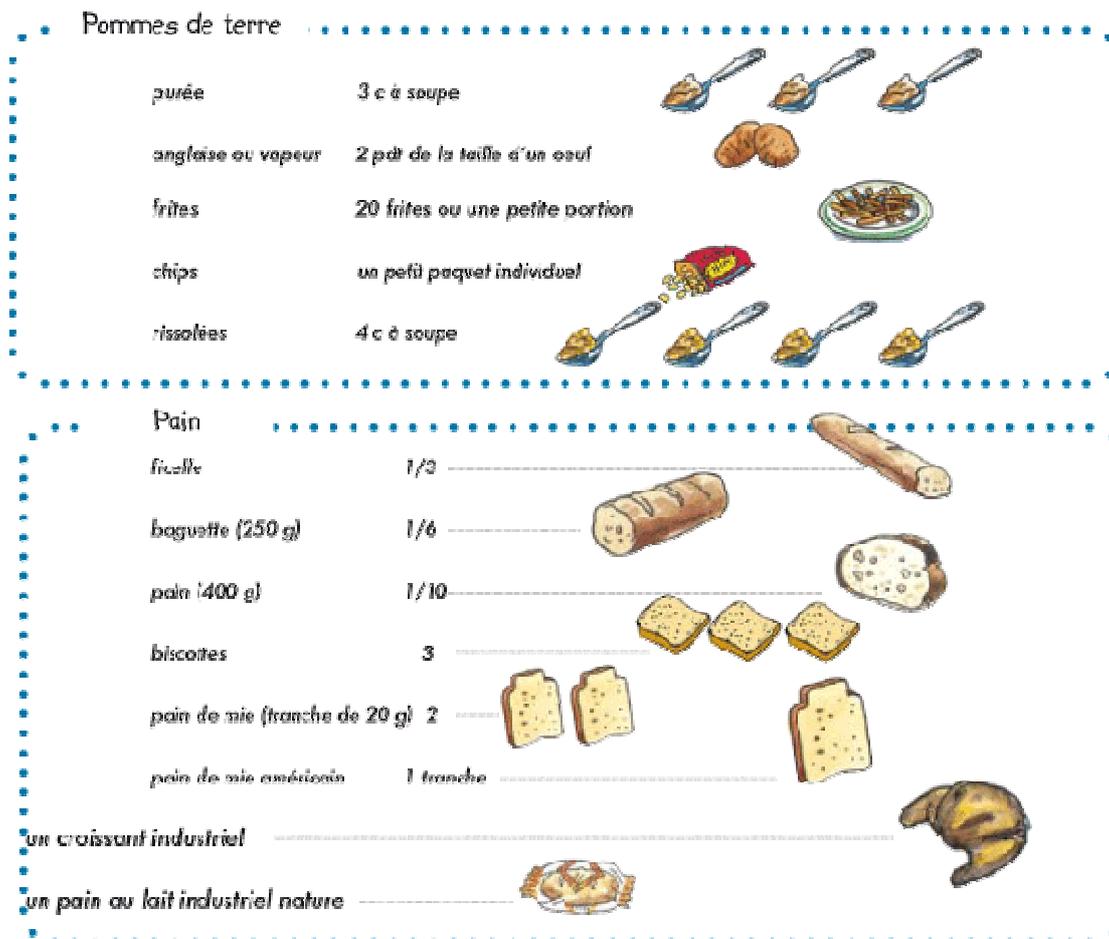


Figure 42 : Exemples d'équivalences glucidiques [64]

## 2- Exemples de menus pour un enfant diabétique

### a) Le petit déjeuner

Le petit déjeuner est un repas indispensable ; l'enfant doit manger suffisamment en prenant son temps.

La composition du petit déjeuner se fait en fonction des goûts de l'enfant, cependant ce repas doit comprendre :

- un produit laitier
- un féculent
- des matières grasses
- éventuellement un fruit.

Les exemples de petit déjeuner sont :

- des céréales nature + un yaourt + un kiwi + un verre d'eau
- lait + cacao + pain beurré + une orange
- fromage blanc + pain beurré + une orange pressée

#### b) Le déjeuner et le dîner

L'enfant doit manger des aliments de chaque groupe, généralement répartis en entrée, plat principal et dessert.

Les aliments glucidiques doivent être présents à chacun des deux repas, en quantités comparables et peu variables d'un jour à l'autre.

Les menus se composent :

- d'une entrée : crudités
- d'un plat principal : viande, poisson ou œuf + légumes + féculents + pain
- d'un dessert : laitage + fruit.

Un exemple de déjeuner est :

- entrée : tomates + concombres
- plat principal : poulet + haricots verts + pain
- dessert : yaourt + 2 clémentines.

#### c) La collation de la matinée

Lorsque l'injection du matin comprend de l'insuline rapide et/ou de l'insuline NPH, l'enfant peut avoir besoin de prendre une collation dans la matinée (vers 10h) pour éviter les hypoglycémies de fin de matinée.

Cette collation doit se composer d'aliments glucidiques pratiques à emporter et adaptés à l'âge et aux besoins de l'enfant.

Voici quelques exemples de petites collations (10 à 15 g de glucides) :

- une clémentine + un biscuit
- une tranche de pain (20 g) + 2 petits carrés de chocolat
- un petit pain au lait
- une tranche de pain de mie + une portion de fromage.

Voici quelques exemples de collations moyennes (20 à 25 g de glucides) :

- une barre de céréales
- une briquette de lait + un cookie
- deux tranches de pain de mie + une portion de fromage
- une pomme + deux biscuits secs.

#### d) Le goûter

Le goûter n'est pas un repas indispensable mais une solide habitude culturelle.

Il est souvent la cause d'hyperglycémie le soir avant le dîner, car l'action de l'insuline est très faible à ce moment-là quelque soit le schéma de traitement.

L'enfant peut donc soit :

- ne pas prendre de goûter
- prendre un goûter léger, c'est-à-dire sans féculent et sans produit sucré, par exemple : un yaourt nature ± une poire, un fromage blanc avec des fraises.
- faire une injection d'analogue rapide juste avant le goûter si celui-ci est composé de féculents.

## C- Les sorties et les fêtes [64]

### 1- Le pique-nique

Ce type de repas est très apprécié par les enfants.

Il est pris dans des conditions inhabituelles et le plus souvent il s'agit d'un repas froid. Cependant, il doit répondre aux mêmes critères qu'un repas pris à la maison.

Voici quelques exemples de menus :

- salade composée (tomate, concombre, riz, œuf dur, fêta) + pain + une portion de fromage + eau
  
- tomate + sandwich crudités/jambon + une portion de fromage + une compote de fruits + eau
  
- bâtons de carottes + cuisse de poulet froid avec un petit paquet de chips (30 g) + un petit sandwich de pain avec de la crème de gruyère + une prune + eau

### 2- La restauration rapide

Souvent les enfants aiment la restauration rapide et l'ambiance des fast-foods. Les parents, quant à eux se demandent comment faire pour concilier les envies de leur enfant et leur diabète.

L'enfant diabétique peut manger dans un fast-food de façon très exceptionnelle et dans la mesure où les autres repas sont équilibrés.

Ce type de restaurant ne peut pas être conseillé de façon habituelle puisque :

- les repas sont riches en graisse
- les fruits et les légumes sont peu présents

- les desserts sont en général trop sucrés
- les repas ne procurent pas une sensation de satiété correcte.

Le choix des aliments sera orienté afin d'éviter un apport excessif en sucre et en graisses.

Si le jeune veut manger un sandwich, il devra essayer d'en choisir un avec des crudités, ou à base de pain complet ou aux céréales.

S'il mange dans un fast-food, il devra essayer de prendre une salade ou des crudités.

Pour le dessert, le jeune devra privilégier un fruit, une compote, un yaourt au lieu d'une pâtisserie ou une glace.

L'eau reste la boisson conseillée.

### 3- Le goûter d'anniversaire

Le goûter d'anniversaire est un moment important pour les enfants, que ce soit le leur ou celui de leurs petits camarades. Un enfant ne pourra pas être privé de ce goûter parce qu'il est diabétique.

Pour tout enfant, un goûter d'anniversaire devrait être composé :

- d'une part de gâteau
- d'une boisson sans sucre
- de bonbons en petite quantité.

a) A la maison ou chez un camarade

Si habituellement l'enfant effectue une injection d'analogue rapide avant le goûter ou s'il est possible d'en faire une exceptionnellement, il la fera au moment de manger le gâteau d'anniversaire.

Si l'injection d'insuline n'est pas possible, l'enfant mangera sans excès avec ses amis. L'activité physique pourra limiter l'hyperglycémie qui suivra. Et si la glycémie est élevée avant le dîner, une correction de la dose d'insuline rapide sera faite.

## b) A l'école

Il faut demander aux enseignants de prévenir la famille des dates des goûters d'anniversaire. Les parents pourront proposer à l'enseignant de les organiser le matin. Ainsi le goûter remplace la collation du matin.

### 4- Les apéritifs

Ce sont des moments conviviaux auquel l'enfant peut participer. Cependant un apéritif ne remplace pas un repas. L'apéritif ne doit pas entraîner un décalage trop important de l'heure du repas par rapport aux heures habituelles.

Si une injection d'insuline est prévue à ce moment là :

- si l'apéritif apporte peu de glucides, l'injection est faite après l'apéritif
- si l'apéritif apporte des glucides, l'injection est faite avant l'apéritif.

#### a) Exemple d'apéritif pauvre en glucides

- sodas « light », eaux aromatisées sans sucre, jus de légume
- crudités ou légumes accompagnés de sauce au yaourt ou au fromage blanc : carotte, chou-fleur, concombre, radis, cœur de palmier, tomate-cerise, dés de melon...
- bâtonnets de crabe, crevettes, jambon...
- dés de fromage, jambon roulé avec du fromage, dés de jambon
- saucisses cocktail, boudins...

Il faut veiller à ce que les quantités consommées ne coupent pas l'appétit pour le repas qui suit.

#### b) Exemple d'apéritif apportant des glucides

- sodas ou boissons aux fruits (ces boissons ont une teneur élevée en sucre ; les limiter à un petit verre : 150 mL)
- biscuits apéritifs, toasts... (les limiter à une dizaine)
- mini-quiches ou pizzas, feuilletés, chips... (les limiter à 20 g de glucides, sachant qu'une mini-pizza correspond à 5 g de glucides).

#### 5- Les repas de fête

Les sorties au restaurant, les repas de fête en famille, entre amis font partie intégrante de la vie sociale et familiale de toute personne, diabétique ou non.

Ces repas ont en général un horaire inhabituel, une durée difficile à prévoir et sont plus copieux. De plus, les enfants ne restent pas à table et vont souvent jouer.

Il faut tenir compte de tous ces éléments car l'enfant risque de faire :

- une hypoglycémie, du fait du retard du repas
- une hyperglycémie, du fait de l'abondance du repas.

#### a) Repas de fête à midi

Le risque d'hypoglycémie est le plus important à ce moment là, surtout si le traitement de l'enfant est un schéma à deux injections par jour.

En pratique :

- Lorsque l'enfant n'a pas d'injection d'insuline avant le déjeuner,
  - si l'enfant est jeune, le plus simple est de lui donner son repas à l'heure habituelle, avec les autres petits enfants
  - si l'enfant est grand, il prend une collation ou un apéritif lui apportant des glucides puis il mange le repas avec les autres invités.

- Lorsque l'enfant fait habituellement une injection d'analogue rapide avant le déjeuner,
  - si l'apéritif apporte des glucides, il fait l'injection avant l'apéritif
  - si l'apéritif apporte peu de glucides, il fait l'injection avant le repas.

Lorsque le dessert est retardé par rapport au repas, l'enfant ne prendra pas de goûter.

#### b) Repas de fête le soir

L'heure du dîner peut être retardée d'une ou deux heures sans inconvénient : l'injection est faite avant le repas.

Par contre, si le dîner est pris beaucoup plus tardivement (exemple : réveillon), l'enfant peut séparer les injections d'insuline d'action rapide et d'action prolongée. L'insuline d'action prolongée est injectée alors à l'heure habituelle (suivie éventuellement d'une collation) et l'insuline d'action rapide est injectée avant le repas.

Le jeune diabétique ne devra pas oublier de mesurer sa glycémie avant l'injection d'insuline rapide et au coucher.

Avant un repas de fête, la dose d'insuline injectée est la même que d'habitude, car l'hyperglycémie liée à l'excès alimentaire est souvent limitée par une activité physique plus importante.

#### 6- Les sorties nocturnes des adolescents

Un des risques de ce type de sortie entre adolescents est l'hypoglycémie car le jeune se dépense plus et la consommation d'alcool, en particulier à jeun, contribue à la baisse de la glycémie.

➤ Quelques conseils pratiques

Le jeune doit :

- prendre un repas avant de sortir à l'heure habituelle ou un peu plus tard
- diminuer la dose d'insuline s'il prévoit de se dépenser beaucoup
- retarder l'injection d'insuline d'action intermédiaire, s'il prévoit un lever tardif
- avoir du sucre sur soi
- prendre le matériel d'injection et de surveillance avec soi
- avertir une personne du groupe qu'il est diabétique
- s'alimenter si la soirée se prolonge
- éviter les boissons alcoolisées
- contrôler sa glycémie avant de se coucher.

## 7. Le lever tardif

Suite aux sorties nocturnes entre adolescents ou pendant les vacances, le jeune diabétique se lève tard. Or un lever tardif peut bouleverser l'équilibre glycémique de la journée.

En effet, d'une part, l'enfant risque d'être en hyperglycémie au réveil, puisque l'effet de l'insuline intermédiaire (surtout NPH) injectée la veille au soir est terminé au réveil.

Pour éviter cette hyperglycémie, il est possible de retarder l'heure de l'injection d'insuline d'action intermédiaire (vers 22h).

D'autre part, du fait de cette grasse matinée, l'injection d'insuline au réveil et le petit déjeuner sont retardés.

Lorsque le lever est retardé de moins de deux heures par rapport aux autres jours, l'injection d'insuline est faite à la dose habituelle avant le petit déjeuner et l'enfant peut soit ne pas prendre la collation de la matinée et déjeuner à l'heure habituelle, soit prendre la collation et retarder l'heure du déjeuner.

Lorsque le lever est plus tardif, soit le diabétique prend un seul repas et fait l'injection d'insuline rapide à la dose habituelle du matin (en diminuant la dose d'insuline d'action prolongée si normalement elle est présente), soit il prend un petit déjeuner puis un repas trois heures après, avec les injections d'insuline habituelles.

Pendant les vacances, le décalage d'heure du réveil est fréquent. L'adaptation des doses d'insuline avec des analyses plus fréquentes les premiers jours, permet de conserver un bon équilibre glycémique.

## **D- Les voyages**

Le diabète n'empêche pas de partir en voyage, en famille ou avec l'école, en France ou à l'étranger, cependant certaines précautions sont nécessaires.

### **1- La préparation du voyage**

L'enfant diabétique doit penser à emporter tout le matériel nécessaire au traitement :

- les insulines : flacons, cartouches
- le matériel d'injection : seringue, stylo injectable, aiguille
- le matériel d'autosurveillance : lecteur de glycémie avec des piles de rechange, bandelettes pour le lecteur, autopiqueur, lancettes, bandelettes urinaires
- du glucagon
- une pochette isotherme
- des morceaux de sucre et des collations.

Il faut conseiller au jeune diabétique de prévoir un approvisionnement en insuline, en matériel d'injection et d'autosurveillance plus important que les besoins habituels,

puisque un voyage peut se prolonger de manière imprévue. Pour cela, il faudra prévoir dix jours de plus que la durée du séjour ou un tiers de plus que la quantité nécessaire.

L'enfant doit penser à vérifier les dates de péremption de l'insuline et des bandelettes.

Certains documents sont également nécessaires :

- la carte de diabétique, remplie si possible en plusieurs langues, délivrée par certaines associations de diabétiques (figure 43)
- le carnet de surveillance
- l'ordonnance habituelle des insulines
- un certificat médical autorisant le transport d'insuline et de matériel médical (en français et anglais)
- une ordonnance de secours avec la Dénomination Commune Internationale (DCI) des médicaments
- les documents d'assurance de rapatriement
- la carte européenne d'assurance maladie si le jeune voyage dans l'espace économique européen, demandée au moins quinze jours avant le départ auprès de sa caisse d'assurance maladie
- les coordonnées de son diabétologue
- éventuellement, les coordonnées d'un centre local de diabétologie ; se renseigner auprès de l'AJD ou sur le site internet de l'International Society for Pediatric and Adolescent (ISPAD). [100]



Figure 43 : Exemples de carte de diabétique [100], [98]

## 2- Pendant le voyage

Il est nécessaire de toujours garder sur soi le matériel et les encas pendant le voyage en voiture, car, train, bateau ou avion.

### a) Le voyage en avion

De nouvelles mesures de sécurité prises par l'Union Européenne contraignent les voyageurs à limiter les liquides dans leur bagage à main. Tous les vols partant des aéroports de l'Union Européenne (ainsi que la Norvège, l'Islande et la Suisse) sont concernés, y compris les vols intérieurs et quelle que soit la nationalité de la compagnie aérienne.

La quantité limite de liquide admis en cabine de chaque produit est de 100 mL, donc le patient diabétique peut emporter dans son bagage à main toute la quantité d'insuline nécessaire pour son séjour. Pour transporter les liquides en cabine, ils doivent être placés dans un sac plastique transparent fermé d'un format d'environ 20 cm sur 20 cm. [100]

L'idéal est de garder son traitement dans son bagage à main et de mettre également un traitement de secours en soute. En effet, le bagage à main ou le bagage en soute peut être perdu ou volé.

L'insuline peut être placée dans la soute. En général, la soute est conservée à une température supérieure à 4°C donc le risque de gel de l'insuline est négligeable. Pour éviter ce risque, le diabétique peut envelopper l'insuline dans un dispositif isotherme, qui protégera l'insuline du chaud comme du froid. Il faut bien sûr rappeler au jeune diabétique de toujours vérifier l'aspect de l'insuline avant de procéder à l'injection.

Si le jeune diabétique est porteur d'une pompe à insuline, soit il enlève le dispositif avant de passer les contrôles de sûreté, le place dans son bagage à main et le remet une fois arrivé dans la salle d'embarquement, soit il conserve sa pompe à insuline sur lui et alors l'alarme du portique de sécurité va se déclencher donc il devra le signaler à l'agent de sûreté. Dans tous les cas, le jeune doit avoir sur lui un certificat médical attestant qu'il est porteur d'une pompe à insuline. [101]

## b) Décalage horaire

En règle générale, si le décalage horaire ne dépasse pas trois heures, le schéma thérapeutique reste le même. Il faut laisser sa montre à l'heure du pays de départ pendant la durée du vol, puis changer l'heure à l'arrivée.

Les adaptations du traitement par insuline en cas de décalage horaire supérieur à trois heures, devront être envisagées avec le diabétologue avant de partir.

La modification du traitement par insuline a pour but de vivre à l'heure locale dès l'arrivée. En pratique, il faut se renseigner sur l'heure de départ, l'heure d'arrivée, la durée du trajet et le nombre d'heures (en plus ou en moins) de décalage horaire.

Si le diabétique voyage vers l'ouest, la journée est plus longue. Il faudra donc prévoir une injection d'insuline supplémentaire pour couvrir ces heures supplémentaires.

Si le diabétique voyage vers l'est, la journée est plus courte. Il faudra anticiper le risque d'hypoglycémie après l'arrivée, liée au chevauchement des doses d'insuline intermédiaire, par la prise d'une collation par exemple. [100]

### 3- Pendant le séjour

Le diabétique doit garder à l'esprit que l'alimentation disponible dans certains pays peut entraîner des hyperglycémies si le traitement n'est pas ajusté (céréales du petit déjeuner dans le pays anglo-saxons, semoule des plats orientaux, certains fruits tropicaux...). Des ajustements de l'insuline rapide peuvent donc être nécessaires.

L'enfant doit également prévoir ne pas toujours trouver du pain à table ; il est donc prudent d'avoir des aliments glucidiques sur soi.

Les conditions de stockage de l'insuline dans des conditions climatiques extrêmes doivent être connues.

Lorsqu'il fait chaud, l'insuline et le glucagon sont conservés pendant le voyage dans un sac isotherme. Il faut faire attention à ne pas les exposer à la chaleur comme une plage arrière de voiture. Dès l'arrivée, ils seront mis dans le réfrigérateur de l'hôtel, du camping ou

conservés à température ambiante (conservation de l'insuline pendant quatre semaines à température ne dépassant pas 30°C).

Lorsqu'il fait froid, il ne faut pas laisser l'insuline geler. Il est donc conseillé de la garder à l'intérieur des vêtements près du corps.

Le jeune doit également savoir que la chaleur et le froid peut perturber le fonctionnement des lecteurs de glycémie.

De plus, si le diabétique achète de l'insuline à l'étranger, il doit savoir que certains pays commercialisent encore de l'insuline en flacon concentrée à 40 UI/mL et non à 100 UI/mL comme en France. Dans ce cas, il faut qu'il se procure des seringues correspondantes, afin d'être sûr d'administrer le nombre exact d'unités. [100]

#### 4- Les classes de découverte

L'enfant diabétique doit pouvoir partir comme tout autre élève en classe de découverte à condition de bien s'y préparer.

Dès que les parents savent que la classe de leur enfant doit partir en voyage, ils doivent prendre rendez-vous avec l'enseignant organisateur afin de recueillir des informations sur le séjour : mode de transport, lieu, durée, activités et mode de restauration.

En ce qui concerne le traitement, si l'enfant ne sait pas faire ses injections d'insuline, il faudra prévoir la collaboration d'une infirmière sur place (par exemple une infirmière libérale qui viendra pour chaque injection). Elle devra être informée sur le traitement (horaires et zones d'injection, doses d'insuline, conduite à tenir en cas d'hypoglycémie ou d'hyperglycémie).

Pour l'alimentation, il faudra connaître les menus des repas pris sur place et en pique-nique.

L'enfant pourra faire les activités sportives avec ses camarades. Les parents devront juste être informés des activités de la journée pour pouvoir adapter les doses d'insuline. Il

faudra également contrôler la glycémie pendant l'activité si elle est prolongée et après. Le jeune devra avoir sur lui du sucre et des encas.

Le diabétique devra emporter et garder sur soi, ou éventuellement confier à l'enseignant :

- son carnet de surveillance
- sa carte de diabétique
- l'ordonnance pour les soins infirmiers
- le matériel d'autosurveillance (lecteur de glycémie avec des piles de rechange, bandelettes pour le lecteur, autopiqueur, lancettes, bandelettes urinaires)
- l'insuline et le matériel d'injection (stylo, flacon, aiguilles)
- le kit GLUCAGEN® et son ordonnance pour pratiquer l'injection
- des morceaux de sucre emballés individuellement et des collations (barres de céréales, biscuits secs...).

Il faudra aussi s'assurer que l'enseignant ait les coordonnées de la famille. [98]

## **E- Le sport [102]**

L'enfant diabétique peut pratiquer un sport, même en dehors de l'école, mais il doit respecter quelques consignes.

### 1- Quel sport pratiquer ?

L'enfant peut pratiquer presque tous les sports.

Cependant, certains sont à déconseiller :

- ceux qui rendent difficile l'autosurveillance glycémique sur une durée prolongée : planche à voile, plongée sous-marine...

- ceux au cours desquels une hypoglycémie brutale fait courir un risque fatal : sport aérien (deltaplane, parapente...), sport automobile, moto, plongée sous-marine...
- ceux qui exposent à des lésions des yeux : boxe.

## 2- Précautions à prendre

L'exercice physique fait baisser la glycémie pendant l'effort et surtout dans les heures qui suivent l'effort.

Des précautions simples permettent d'éviter l'hypoglycémie :

- diminuer les doses d'insuline
- adapter l'alimentation
- contrôler la glycémie avant, pendant et après l'effort.

### a) Diminution des doses

La réduction des doses est fonction du moment de l'activité physique par rapport aux injections, du type d'activité, de l'intensité et de la durée de l'effort.

Dans un premier temps, l'enfant doit anticiper et alors diminuer la dose de l'insuline correspondante au moment de l'effort physique prévu.

En effet, si le sport a lieu le matin, le diabétique devra diminuer la dose d'insuline rapide du matin. Si le sport est prévu dans l'après-midi, il devra diminuer la dose d'insuline intermédiaire du matin (dans un schéma à 2 injections par jour) ou la dose d'insuline rapide du midi (dans un schéma à 3 ou 4 injections par jour).

Dans un second temps, il doit prévoir la baisse retardée de la glycémie en diminuant la dose d'insuline après l'activité physique.

Pour savoir de combien diminuer la dose d'insuline, l'enfant doit commencer par baisser de 10 à 20 % la dose si l'exercice est modéré ou de 20 à 30 % si l'exercice est intense ou prolongé.

En tenant compte des résultats des contrôles glycémiques, l'enfant pourra ainsi adapter les doses d'insuline pour les fois suivantes.

Le lieu d'injection est également à prendre en compte pour éviter les hypoglycémies.

La résorption de l'insuline est accélérée dans les zones où les muscles travaillent. L'insuline doit donc être injectée dans une zone qui ne sera pas soumise à une activité musculaire intense. Par exemple, un cycliste doit éviter les injections dans la cuisse et le joueur de tennis doit éviter les injections dans les bras.

En général, l'enfant doit préférer l'injection du matin dans le ventre.

#### b) Adaptation de l'alimentation et contrôle de la glycémie capillaire

##### Avant l'effort

L'enfant doit mesurer sa glycémie avant l'effort et selon les résultats, la conduite à tenir sera différente :

- si la glycémie est  $< 1,20$  g/L, le jeune devra prendre un en-cas
- si la glycémie est  $> 2,50$  g/L avec présence d'acétone, le jeune ne pourra pas faire de sport car l'hyperglycémie risque de s'aggraver. Il devra s'injecter de l'insuline rapide pour que l'acétone disparaisse et la pratique du sport sera donc reportée.

Voici quelques exemples d'en-cas à prendre avant une activité physique :

- ✓ en-cas de 10 à 20 g de glucides :
  - deux gâteaux secs
  - une tranche de pain de mie et deux carrés de chocolat.
- ✓ en-cas de 20 à 30 g de glucides :
  - $\frac{1}{4}$  de baguette et une portion de fromage
  - deux tranches de pain de mie et quatre carrés de chocolat.

Si l'activité physique n'est pas prévue, le jeune diabétique n'a alors pas pu adapter sa dose d'insuline, donc si l'activité est de courte durée (15 à 20 minutes), l'enfant n'a pas besoin de prendre une collation avant l'effort. Par contre si l'activité dure entre 30 à 60 minutes (sport à l'école, promenade en vélo, natation, foot...), l'enfant doit prendre une collation avant de faire l'exercice (10 à 20 g de glucides selon l'âge).

### Pendant l'effort

L'enfant doit boire tout au long de l'activité, même s'il n'a pas soif, surtout si l'exercice physique est long.

Pour éviter l'hypoglycémie lorsque l'activité physique dure plus d'une heure, il faut prévoir un apport glucidique régulier (environ toutes les 45 minutes).

Voici quelques exemples de collations à prendre pendant l'effort :

- ✓ 10 à 20 g de glucides :
  - 100 mL de jus de fruit avec 100 mL d'eau
  - une barre de céréales
  - une compote en tube.
- ✓ 20 à 30 g de glucides :
  - un yaourt aux fruits à boire
  - 200 mL de jus de fruit
  - une banane.

Si l'enfant ressent les premiers signes d'hypoglycémie pendant l'effort, il doit immédiatement s'arrêter, s'asseoir et prendre sa glycémie si possible. Il devra corriger l'hypoglycémie par une prise de sucre puis un en-cas. Il faudra ensuite qu'il attende de récupérer et de ne plus ressentir de signes d'hypoglycémie pour continuer l'activité physique.

## Après l'effort

Tout de suite après l'effort, le jeune diabétique doit mesurer sa glycémie puis la mesurer à nouveau une à deux heures après et également au moment du coucher.

En effet, le risque est une hypoglycémie qui peut survenir jusqu'à 8 heures après un effort car le sucre est puisé dans le sang pour reconstituer les réserves en glycogène.

Par conséquent, pour prévenir ces hypoglycémies tardives survenant au repos, il est conseillé de manger un supplément glucidique au repas suivant.

Dans certains cas, l'effort physique peut faire monter la glycémie. En effet, le stress (excitation, concentration...) occasionné par certains sports (sports d'équipes...) ou certaines pratiques (compétition...), provoque une poussée d'adrénaline qui a un effet hyperglycémiant pendant 1 à 2 heures. Malgré cette hyperglycémie suivant immédiatement l'exercice, une hypoglycémie peut néanmoins survenir dans les heures qui suivent donc il faut que l'enfant ait la même attitude : diminuer les doses d'insuline et manger plus de glucides si l'effort a été important.

En tenant compte de ses expériences antérieures, l'enfant diabétique apprendra à bien adapter son traitement et son alimentation en cas d'activité sportive.

En conclusion, pour pratiquer un sport, les règles de base que le jeune diabétique doit respecter sont :

- surveiller sa glycémie avant l'effort
- surveiller sa glycémie après l'effort : immédiatement après puis une à deux heures après
- avoir sur soi en permanence du sucre et un en-cas
- adapter sa dose d'insuline en fonction de la durée et de l'intensité de l'exercice physique prévu
- boire régulièrement tout au long de l'activité physique
- prévenir son entraîneur ou un ami de son état diabétique.

## **F- La vie sociale**

L'enfant diabétique doit être préparé à affronter les diverses situations de la vie où le diabète interférait de façon plus ou moins importante.

### **1- Le permis de conduire**

Au moment de l'inscription à l'examen du permis de conduire, le jeune diabétique devra obligatoirement déclarer son diabète sur le formulaire de la préfecture de police. Une fausse déclaration entraîne une annulation du permis et engage la responsabilité civile et pénale en cas d'accidents.

Il passera devant une commission médicale, liée à la préfecture. Cette commission évaluera les risques que le diabète pourrait faire courir au diabétique dans le cadre de la conduite automobile. Le jeune doit passer un examen médical et le médecin assermenté examinera le dossier fourni par le diabétologue ou le médecin traitant concernant l'équilibre du diabète et le certificat établi par l'ophtalmologiste sur la base d'un examen du fond de l'œil et de la vision du diabétique.

Il existe deux catégories de permis de conduire :

- les permis de conduire du groupe 1, dits aussi permis pour véhicules légers (permis A : moto, permis B : voiture)
- les permis du groupe 2, dits permis pour véhicules lourds (permis C : poids lourds, permis D : transports en communs, permis E : pour tracter une remorque).

Les permis de conduire du groupe 1 sont accessibles aux jeunes diabétiques. Cependant, aucun permis définitif n'est accordé ; le permis a une durée maximale de 5 ans. La délivrance ou le renouvellement du permis sont conditionnés au fait que le diabétique n'ait pas eu plus de deux hypoglycémies sévères (c'est-à-dire la nécessité d'une assistance

par une tierce personne) au cours des douze derniers mois. La compréhension du risque hypoglycémique est également évaluée par les médecins de la commission de la préfecture.

Depuis l'arrêté paru au Journal Officiel le 14 septembre 2010, un diabétique de type 1 peut désormais obtenir un permis de conduire du groupe 2 ayant une validité maximale de 3 ans. Pour la délivrance ou le renouvellement de ce permis, le diabétique ne doit pas avoir eu de crise sévère d'hypoglycémie au cours des douze derniers mois, doit être capable d'identifier les signes d'hypoglycémie, doit contrôler sa glycémie au moins deux fois par jour lorsqu'il envisage de conduire et comprendre et maîtriser sa maladie. [103]

## 2- L'avenir, l'insertion professionnelle

### a) Le choix du métier

Comme pour d'autres maladies chroniques, certains métiers sont interdits ou non recommandés pour une personne diabétique.

L'orientation professionnelle d'un jeune diabétique est un moment clé. Il doit prendre le temps de la réflexion et ne pas hésiter à en parler avec son diabétologue.

Il doit savoir que certains métiers sont déconseillés :

- les postes de sécurité, c'est-à-dire les postes où l'état de santé du salarié peut mettre en danger soit lui-même, soit ses collègues ou nuire à l'exercice de ses fonctions. Il s'agit par exemple du travail en hauteur, sur des machines dangereuses ou le travail isolé comme un agent de sécurité.
- les métiers nécessitant une très bonne acuité visuelle, même si les problèmes de vue sont moins fréquents qu'auparavant grâce aux progrès de l'éducation et de l'autosurveillance. S'ils survenaient, ils pourraient compromettre la poursuite de l'activité professionnelle à long terme. Il s'agit par exemple des métiers de l'horlogerie.

- les métiers nécessitant des efforts physiques intensifs et irréguliers, les métiers avec des temps de travail groupé (par exemple, 15h de suite puis deux jours de repos).

Le jeune doit également savoir que des formations et des métiers sont interdits pour les personnes atteintes de diabète de type 1 :

- l'armée
- la marine
- l'aviation civile et commerciale
- le service de lutte contre les incendies
- la sécurité nationale (gendarme, surveillant d'établissement pénitentiaire...)
- les douanes
- contrôleur et inspecteur de la sécurité sociale, du travail
- certaines catégories d'ingénieurs (géographe, ponts et chaussée, eaux et forêts, génie rural...).

#### b) L'embauche

Lors d'un entretien d'embauche, il est conseillé au jeune de ne pas parler de son diabète pour éviter qu'il soit victime de discrimination. Au regard de la loi, l'employeur n'a pas le droit d'interroger un candidat sur des éléments de sa vie privée ou de son état de santé.

En revanche, lors de la visite médicale d'embauche, il est préférable que le diabétique informe le médecin du travail sur sa pathologie.

Lors d'une embauche, le candidat est amené à fournir à son employeur les documents sur son état civil et notamment l'attestation de la carte vitale sur laquelle figure la mention Affection de Longue Durée (ALD). Cette mention indique à l'employeur ou au service administratif la présence d'un état de santé justifiant une prise en charge à 100 % par l'assurance maladie. Pour contourner cette difficulté, le diabétique peut obtenir auprès de sa caisse d'assurance maladie une deuxième attestation sur laquelle l'existence de

l'exonération du ticket modérateur n'est pas mentionnée (droit souvent méconnu prévu par l'article R 161-33-4 du code de la Sécurité sociale).

### c) Le contrat de travail

La très grande majorité des personnes diabétiques exercent leur activité professionnelle dans le cadre d'un contrat de travail ordinaire.

La médecine du travail peut déclarer un diabétique inapte au poste qu'il occupait auparavant. Dans ce cas, l'aménagement de poste ou un reclassement au sein de l'entreprise est sollicité. Si l'employeur ne peut donner une suite favorable à la demande de reclassement, le salarié est licencié. Il faut savoir qu'en cas de reclassement professionnel, un poste moins qualifié et avec un salaire moindre peut être proposé au salarié diabétique. Ce dernier peut refuser cette proposition, cependant si l'employeur ne peut rien lui proposer d'autre, ce refus entraînera le licenciement.

De plus, en cas d'arrêts maladie répétitifs ou de longue durée, si l'employeur justifie que cette situation nuit à la bonne marche de l'entreprise, il peut licencier le salarié.

Certains diabétiques ayant le statut de travailleur handicapé et étant recrutés à ce titre, bénéficient de mesures de protection. En effet, leurs conditions de travail doivent être adaptées à leur état de santé, ils peuvent difficilement être licenciés en raison de leurs arrêts maladie puisque l'employeur les a embauchés en toute connaissance de cause et en cas de licenciement collectif, ils doivent être licenciés en dernier.

Cependant, les postes proposés aux personnes ayant un statut de travailleur handicapé sont en général moins qualifiés et moins bien rémunérés que les autres emplois.

[104]

### 3- La prise en charge par l'assurance maladie

Le diabète de type 1 est inscrit sur la liste des Affections de Longue Durée (ALD).

La demande d'ALD doit être effectuée par le médecin.

Les personnes atteintes de diabète sont alors exonérées du ticket modérateur au titre de leur affection de longue durée pour leurs médicaments et leurs soins en rapport avec le diabète. Cette prise en charge à 100 % accordée par la caisse d'assurance maladie, peut s'étendre aux affections intercurrentes au diabète.

En pratique, à la pharmacie, les patients diabétiques auront une ordonnance bi-zone :

- dans la partie supérieure les médicaments prescrits en rapport avec le diabète pris en charge à 100 %, ainsi que l'ensemble du matériel figurant sur la LPPR (bandelettes, lecteurs de glycémie, lancettes...) pris en charge à 100 % puisque les tarifs de vente sont fixés au prix de remboursement depuis février 2006
- dans la partie inférieure les médicaments prescrits pour d'autres affections. [104]

## **G- Les associations diabétiques**

Pour améliorer le quotidien des diabétiques, de nombreuses associations proposent des conseils, des services et des actions répondant aux attentes des malades.

### 1- L'Association Française des Diabétiques (AFD) [105]

Créée en 1938 et reconnue d'utilité publique en 1976, l'AFD est une association de patients au service des patients et dirigée par des patients. C'est une fédération dotée d'un siège national et d'un réseau de 111 associations locales réparties sur l'ensemble du territoire national.



**Figure 44 : Slogan de l'AFD [105]**

Association Française des Diabétiques

88, rue de la roquette

75544 PARIS Cedex 11

Tél : 01 40 09 24 25

Fax : 01 40 09 20 30

Email : [afd@afd.asso.fr](mailto:afd@afd.asso.fr)

Les actions de l'AFD sont :

- information et prévention
- défense et protection
- accompagnement des patients
- soutien à la recherche.

a) Information et prévention

L'association propose plusieurs supports d'information :

- la revue bimestrielle nationale EQUILIBRE, tirée à 30 000 exemplaires, qui est le premier magazine consacré entièrement au diabète et destiné au grand public. Cette revue propose des informations pour mieux comprendre et mieux vivre avec son diabète au quotidien.



Figure 45 : Revue Equilibre [105]

- des brochures d'information et des livres, comme « Les aliments irrésistibles »

- le site internet de l'AFD, [www.afd.asso.fr](http://www.afd.asso.fr) , véritable portail sur le diabète. Il présente les actions de l'AFD, les événements et manifestations organisés et donne des informations sur la maladie, les traitements, l'actualité...

Plusieurs centaines de conférences et réunions d'information sont organisées chaque année par les associations fédérées.

De plus, des événements (salons, conférences...) ont lieu chaque année en région à l'occasion de la journée mondiale du diabète (le 14 novembre).

Les associations fédérées entreprennent plus de 300 opérations de dépistage par an dans les hôpitaux et lieux publics, mais aussi des séances de sensibilisation sur des multiples questions liées au traitement, à la prévention du diabète et de ses complications.

#### b) Défense et protection

Il est inacceptable que l'état de santé soit prétexte à préjudices. Le service juridique et social de l'AJD propose ainsi un service gratuit pour informer, orienter et conseiller toutes les personnes diabétiques et leur entourage. Il peut régler certains litiges de façon amiable et peut aller jusqu'à défendre les intérêts du diabétique devant les tribunaux.

Ce service dispose d'une permanence téléphonique tous les mercredis de 9h à 12h30 et de 14h à 19h au 01 40 09 47 14.

S'assurer peut être difficile et coûteux pour une personne diabétique qui souhaite contracter un emprunt, voire constituer un obstacle majeur à la réalisation d'un projet immobilier.

Pour pallier cette situation, l'AFD a été la première association de patients à avoir négocié des contrats spécifiques avec des assureurs afin que les diabétiques puissent bénéficier de garanties jusque là impossibles à obtenir, comme le contrat emprunteur et la prévoyance décès (contrats AFD/Allianz).

Des actions de défense collectives sont régulièrement organisées par l'AFD auprès des pouvoirs publics afin que le diabétique reste un citoyen à part entière. Par exemple, l'AFD a permis aux diabétiques d'avoir accès à plusieurs professions, autrefois interdites.

L'AFD participe activement à la gouvernance de la santé.

Elle est présente dans l'ensemble des instances publiques locales, régionales et nationales.

Elle est également membre fondateur du Collectif Interassociatif Sur la Santé (CISS), regroupant plus de 30 associations.

Elle a participé à l'élaboration de plusieurs lois sur les droits des patients (mars 2002), sur la santé publique (août 2004), sur l'Hôpital Patients Santé Territoires (HPST) (2009).

#### c) Accompagnement des patients

Les associations fédérées de l'AFD assurent des permanences et organisent des ateliers sur de multiples thèmes (diététique, sport...), des activités physiques comme des randonnées.

L'AFD a entrepris la mise en place d'un véritable cursus de formation de ses bénévoles : le cursus Patient Expert de l'AFD. Expert profane, le patient est capable de témoigner, d'être formé, d'informer et d'écouter d'autres patients. Il accompagne dans la convivialité et le respect d'autres personnes concernées par le diabète et propose un accueil personnalisé et des rencontres de groupes.

#### d) Soutien à la recherche

L'association soutient la recherche médicale et scientifique. Pour cela, elle collecte des fonds, distribués sous forme de bourses aux chercheurs présentant les projets les plus prometteurs.

A Nantes, Diabète 44 est une association, soutenue par l'AFD. Le pharmacien peut donc facilement orienter un jeune diabétique et ses parents vers cette association dont une

permanence est tenue tous les premiers mardi de chaque mois de 14h à 17h (sauf en juillet et août) à la maison des associations, 21 allée Baco à Nantes.

## 2- L'Aide aux Jeunes Diabétiques (AJD) [106]

L'AJD est une association nationale qui aide les enfants et leurs familles à vivre le mieux possible avec le diabète.



**Figure 46 : Slogan de l'AJD [105]**

Aide aux Jeunes Diabétiques  
9 avenue Pierre de Coubertin  
75013 Paris  
Tél : 01 44 16 89 89

Les objectifs de l'AJD sont d'aider les jeunes diabétiques et leurs familles à surveiller et à traiter leur maladie, de parfaire leur éducation médicale, d'être vigilant vis-à-vis de leurs besoins spécifiques, de les aider dans leur orientation scolaire et professionnelle, d'être leur intermédiaire auprès des organismes publics et privés et d'assurer la formation et l'information du corps médical.

### a) Rôle d'éducation médicale

L'AJD organise des séjours éducatifs dans les maisons de l'AJD pendant les petites et les grandes vacances scolaires pour les enfants diabétiques. Ces séjours sont organisés dans huit centres (Gouville sur mer, Angerville-Lorcher, Crozon-Morgat, Abries, Pralognan la Vanoise, Saint Sorlin d'Arves, Sainte Bazeille, Pujols).

Les maisons de l’AJD permettent aux jeunes diabétiques de 3 à 17 ans d’acquérir une éducation médicale au cours de leurs vacances. Généralement non acceptés dans les colonies traditionnelles, les enfants diabétiques peuvent ainsi bénéficier de séjours en plein air et se prouvent qu’ils peuvent mener une vie active comme les autres enfants de leur âge.

Ces séjours permettent également aux jeunes de supprimer leur isolement, de mieux s’épanouir au contact de leurs semblables et dans certains cas, de sortir d’un milieu familial qui a du mal à trouver la bonne attitude face à la maladie (surprotection). A l’inverse, ces séjours permettent aux familles de se libérer d’un contrôle permanent pendant quelques semaines.

Les séjours en maison de l’AJD sont pris en charge par la sécurité sociale ; pour cela, la demande d’accord préalable complétée par le médecin doit être envoyée à la caisse d’affiliation. Cependant certains frais restent à la charge du patient comme le forfait hospitalier.

Il existe deux types de séjours : les séjours parents-enfants (puisqu’un enfant de moins de six ans est obligatoirement accompagné d’un parent) et les séjours enfant seul.

Les objectifs d’un séjour sont bien sûr définis en fonction des capacités de chaque tranche d’âge, comme le montre le tableau VIII.

**Tableau VIII : Etapes de l’auto-apprentissage du traitement du diabète [106]**

<i>Enfants de 3 – 5 ans</i>	<i>Enfants de 5 – 7 ans</i>	<i>Enfants de 7 – 9 ans</i>	<i>Enfants de 10 à 14 ans</i>	<i>Adolescents de 15 à 17 ans [14]</i>
Savoir-faire seul l’analyse d’urine, écrire les résultats	Savoir-faire seul l’analyse d’urine : traduire le résultat en croix de sucre	Savoir si la glycémie est normale, haute ou basse	Outre la consolidation de la réalisation des gestes techniques :	<b>Objectif : l’année prochaine, je pars seul !</b>
Participer à la pratique de la glycémie : savoir se laver les mains, connaître le matériel	Faire la glycémie seul	Remplir le carnet de traitement sous surveillance	– aider l’enfant non seulement à faire mais surtout à comprendre et interpréter les résultats des analyses quotidiennes ;	Intégrer les différents éléments qui permettent d’analyser l’équilibre glycémique :
Savoir que le carnet de traitement est un outil indispensable au traitement	Réunir le matériel nécessaire à l’injection	Savoir remplir la seringue sous surveillance, savoir utiliser le stylo injecteur	– comprendre les différents éléments qui vont influencer l’équilibre glycémique (action des insulines, l’alimentation, les activités)	– action des insulines,
Reconnaître ses insulines, savoir laquelle agiter	Reconnaître ses insulines, savoir laquelle agiter, savoir désinfecter, changer l’aiguille du stylo	Apprendre à se piquer seul sous surveillance		– résultats des analyses,
Reconnaître les hypoglycémies : savoir quoi faire	Apprendre les techniques d’injection	Connaître les signes d’une hyperglycémie		– rythme de vie,
Savoir reconnaître un aliment sucré et un féculent : savoir quand ils peuvent être consommés				– alimentation,
				– utiliser toutes les possibilités d’anticipation ou de correction des variations des glycémies (hypo et hyper) que facilite la variété des rythmes de vie

L'éducation en séjour AJD a pour but de favoriser un début d'autonomie à chaque instant de la vie quotidienne (loisirs et soins). Ces séjours permettent à chacun de prendre en charge son diabète petit à petit, à son rythme, dans un climat de détente et de confiance, en présence d'une équipe médicale et d'animation.

#### b) Rôle de formation

L'AJD apporte des outils au service des jeunes diabétiques :

- le carnet de traitement qui permet de noter les glycémies et d'adapter les doses d'insuline
- les cahiers de l'AJD, documents de référence pour l'éducation des enfants et des familles, proposés par thèmes.

L'AJD apporte également des outils au service des médecins et des paramédicaux :

- du matériel d'éducation (vidéos, posters, jeux...)
- des séminaires de formation à l'éducation thérapeutique appliquée au diabète de l'enfant, pour les médecins et infirmières.

#### c) Rôle d'information

L'AJD offre une documentation :

- un bulletin trimestriel, outil d'information et de formation continue
- des brochures d'information permettant d'approfondir la compréhension de la maladie, les connaissances sur la théorie et la pratique du traitement, l'insertion sociale et l'information sur les services de l'association
- un site internet, [www.diabete-france.net](http://www.diabete-france.net).

L'AJD organise des rencontres :

- des réunions nationales (à l'occasion de la journée mondiale du diabète) ou régionales

- des réunions des Clubs des Familles de l'AJD, structurés au niveau local pour partager, s'entraider, créer des liens, et rompre l'isolement.

A Nantes, le Club des familles de l'AJD est Arc En Ciel. Ce sont des parents d'enfants diabétiques qui se sont regroupés dans une association.

Arc En Ciel accueille les parents dont les enfants viennent de déclarer un diabète et permet aux parents d'enfants diabétiques de se rencontrer et d'échanger sur des expériences, des problèmes.

#### d) Rôle dans la recherche

L'AJD s'est engagée à promouvoir la recherche. Elle collecte des fonds pour financer des projets de recherche et organise des réunions scientifiques.

En conclusion, il existe de nombreuses associations qui peuvent apporter un soutien au jeune diabétique et à sa famille à différents moments de sa vie, c'est pourquoi il paraît indispensable que les patients connaissent ce type d'association.

# Conclusion

Le diabète de type 1 demande à l'enfant un investissement permanent. En effet, l'implication du jeune diabétique dans le suivi de son traitement lui permet d'acquérir un bon équilibre glycémique et de prévenir ainsi les complications à long terme, notamment oculaires, tout en évitant des épisodes d'hypoglycémie sévère.

Une insulinothérapie personnalisée, une diététique appropriée et une fréquence d'autosurveillance glycémique individualisée, permettent au jeune patient d'avoir une vie normale et un équilibre glycémique correct.

Malgré ce traitement à vie, contraignant, l'enfant diabétique doit vivre comme les autres enfants de son âge en conservant des activités normales et raisonnables.

Le pharmacien participe à l'éducation du jeune diabétique en se tenant à disposition des familles afin de les aider à résoudre les difficultés rencontrées au quotidien. Il a donc un rôle majeur dans l'amélioration de la qualité de vie du patient diabétique par son implication dans le traitement.

# Liste des abréviations

AFD :	Association Française des Diabétiques
AJD :	Aide aux Jeunes Diabétiques
ALFEDIAM :	Association de la Langue Française pour l'Etude du Diabète et des Maladies métaboliques
ALD :	Affection de Longue Durée
AST :	prélèvement sur site alternatif
AVC :	Accident Vasculaire Cérébral
CISS :	Collectif Interassociatif Sur la Santé
CP :	Cours Préparatoire
CTLA4 :	Cytotoxique T Lymphocyte Antigen-4
DASRI :	Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux
DCCT :	Diabetes Control and Complications Trial
DCI :	Dénomination Commune Internationale
HAS :	Haute Autorité de Santé
HbA1c :	Hémoglobine Glyquée
HGPO :	HyperGlycémie Provoquée par voie Orale
HLA II :	Human Leucocyte Antigen II
HPST :	Hôpital Patients Santé Territoires
IEC :	Inhibiteurs de l'Enzyme de Conversion
IFN $\gamma$ :	Interféron gamma
IL 1 :	Interleukine 1

IMAO :	Inhibiteurs de la MonoAmine Oxydase
InVS :	Institut de Veille Sanitaire
ISPAD :	International Society for Pediatric and Adolescent
IRS :	Inhibiteurs sélectifs de la Recapture de la Sérotonine
LADA :	Latent Autoimmune Diabetes in Adul
LPPR :	Liste des Produits et Prestations Remboursables
MDPH :	Maison Départementale des Personnes Handicapées
NPH :	Neutral Protamin Hagedorn
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé
PAI :	Projet d'Accueil Individualisé
PIB :	Produit Intérieur Brut
PMSI :	Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information
PPR :	Photocoagulation PanRétinienne
PTPN22 :	Protein Tyrosin Phosphatase N22
RD :	Rétinopathie Diabétique
SAB :	Sérum Albumine Bovine
SFD :	Société Francophone du Diabète
TNF $\alpha$ :	Tumor Necrosis Factor alpha
TSH :	Thyroid Stimulating Hormone
VNTR :	Variable Number of Tandem Repeat

# Liste des figures

Figure 1 : Incidence du diabète de type 1 de l'enfant en Europe selon EURODIAB [5] .....	10
Figure 2 : L'insulite, marque histologique du diabète de type 1 – A) Ilot normal, B) Insulite : infiltrat inflammatoire constitué de macrophages, lymphocytes T et B, avec destruction des cellules $\beta$ [8] .....	12
Figure 3 : Phase effectrice de la réponse immune au cours du diabète de type 1 [9] .....	13
Figure 4 : Histoire naturelle du diabète de type 1 [8] .....	13
Figure 5 : Classification de la rétinopathie diabétique (RD : Rétinopathie Diabétique) [22]...	28
Figure 6 : Mal perforant plantaire [33] .....	37
Figure 7 : Schéma de l'insuline humaine [40] .....	41
Figure 8 : Action hypoglycémiante de l'insuline [41] .....	42
Figure 9 : Novomix® 30 Flexpen [43].....	45
Figure 10 : Schéma à deux injections [45] .....	48
Figure 11 : Schéma à trois injections [45] .....	49
Figure 12 : Schéma à quatre injections [45].....	50
Figure 13 : Les différentes seringues disponibles (modèles Becton Dickinson) [10] .....	50
Figure 14 : Stylo Humalog® Kwikpen™ [48] .....	51
Figure 15 : Stylo Humapen® Luxura [49] .....	51
Figure 16 : Stylo Klikstar® [50] .....	51
Figure 17 : La pompe Animas 2020® [51] .....	52
Figure 18 : La pompe Accu-Chek D-TRON Plus® [52] .....	52
Figure 19 : Eléments d'une pompe à insuline externe [53] .....	53
Figure 20 : Les différents types de bolus [53] .....	54
Figure 21 : La pompe implantable Medtronic-Minimed 2007 [58] .....	56
Figure 22 : Préparation de la seringue avec une insuline (1 <sup>ère</sup> partie) [46] .....	67
Figure 23 : Préparation de la seringue avec une insuline (2 <sup>ème</sup> partie) [46] .....	67
Figure 24 : Préparation de la seringue avec une insuline (3 <sup>ème</sup> partie) [46] .....	67

Figure 25 : Pli cutané [68] .....	69
Figure 26 : NOVOPEN® Junior [69] .....	70
Figure 27 : Remise en suspension des insulines laiteuses [70] .....	70
Figure 28 : Adaptation de l'aiguille sur le stylo [70] .....	71
Figure 29 : L'injection dans le tissu sous-cutané [70] .....	73
Figure 30 : Sites d'injection de l'insuline [46] .....	75
Figure 31 : Lecteur de glycémie TRUEresult Twist® [74] .....	78
Figure 32 : L'autopiqueur ACCU-CHEK Multiclix® et son barillet [76] .....	82
Figure 33 : GLUCOJECT DUAL® S [77] .....	82
Figure 34 : ACCU-CHEK SAFE T PRO PLUS™® [76] .....	83
Figure 35 : Sites de prélèvement [78] .....	85
Figure 36 : Exemple de carnet d'autosurveillance (ACCU-CHEK) [79] .....	87
Figure 37 : Bandelettes KETO-DIASTIX avec l'échelle colorimétrique [84], [85] .....	93
Figure 38 : Exemple d'un collecteur BD Sharps Container 1,5 L [89] .....	94
Figure 39 : Equivalence entre morceaux de sucre et les autres produits sucrés [92] .....	97
Figure 40 : GLUCAGEN® KIT [93] .....	100
Figure 41 : Crème protectrice ALKIDIA®, soin quotidien du pied [96] .....	105
Figure 42 : Exemples d'équivalences glucidiques [64] .....	113
Figure 43 : Exemples de carte de diabétique [100], [98] .....	123
Figure 44 : Slogan de l'AFD [105] .....	136
Figure 45 : Revue Equilibre [105] .....	137
Figure 46 : Slogan de l'AJD [105] .....	140

# Liste des tableaux

Tableau I : Taux d'incidence du diabète de type 1 dans quatre régions de France, selon les classes d'âge, en 1988 et 1997 [5] .....	11
Tableau II : Classification des aliments selon leur index glycémique [63] .....	59
Tableau III : Exemples de goûters légers [60] .....	62
Tableau IV : Recommandations pour les lieux de prélèvement capillaire en fonction du moment de réalisation du test [73] .....	86
Tableau V : Classification des résultats glycémiques .....	89
Tableau VI : Règles générales d'adaptation des doses d'insuline .....	89
Tableau VII : Quantité de pain ou de biscotte à prendre après une hypoglycémie en fonction du poids [92] .....	98
Tableau VIII : Etapes de l'auto-apprentissage du traitement du diabète [106] .....	141

# Bibliographie

[1] D. SIMON, A. FAGOT-COMPAGNA, E. ESCHWEGE, B. BALKAU – Diabète : définition, dépistage et épidémiologie – Traité de diabétologie coordonné par A. Grimaldi – Paris : Flammarion Médecine-Sciences 2<sup>ème</sup> édition, 2009

[2] A. FAGOT-COMPAGNA, I. ROMON, S. FOSSE, C. ROUDIER – Prévalence et incidence du diabète, et mortalité liée au diabète en France – Synthèse épidémiologique – Institut de Veille Sanitaire, novembre 2010, 12 p. Disponible sur : [www.invs.sante.fr](http://www.invs.sante.fr) (consulté le 07/02/2011)

[3] M. POLAK – Diabète de l'enfant – Diabètes de l'enfant et de l'adolescent – Traité de diabétologie coordonné par A. Grimaldi – Paris : Flammarion Médecine-Sciences 2<sup>ème</sup> édition, 2009

[4] DIABETES ATLAS 3<sup>ème</sup> édition de Bruxelles – IDF (International Diabetes Federation) – 2006 – La charge globale – L'épidémiologie et la morbidité – Le diabète chez les jeunes : une perspective mondiale

[5] C. LEVY-MARCHAL, A. FAGOT-CAMPAGNA, M. DANIEL – Surveillance épidémiologique du diabète de l'enfant – Rapport INSERM et InVs, novembre 2007

[6] C. LEVY-MARCHAL – Que nous a appris la mesure d'incidence du diabète de l'enfant ? – Bulletin épidémiologique hebdomadaire du 13 novembre 2007 (n°44-45), numéro thématique : journée mondiale du diabète 2007 : les diabètes de l'enfant – InVs

[7] N. BOUHOURS-NOUET, R. COUTANT – Clinique et diagnostic du diabète de l'enfant – EMC (Elsevier SAS, Paris), Pédiatrie/Maladies infectieuses, 4-059-K-10, 2005

[8] D. DUBOIS-LAFORGUE – Progrès physiopathologiques dans le diabète de type 1 – La Revue du Praticien – vol 60 – 20 février 2010

[9] D. DUBOIS-LAFORGUE – Etiologie et physiopathologie du diabète de type 1 – EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Endocrinologie – Nutrition – 10-366-C-10, 2007

[10] L. PERLEMUTER, J.-L. SELAM, G. COLLIN DE L'HORTET – Diabète de type 1 (insulinodépendant) – Diabètes et maladies métaboliques – Abrégés de MASSON, 4<sup>ème</sup> édition, 2003

[11] H. LEFEVRE – Diabète insulinodépendant, chapitre 27 – Pédiatrie 2 – INTERMED – 1999

[12] Haute Autorité de Santé. ALD n°8 – Guide médecin sur le diabète de type 1 chez l'enfant et l'adolescent – Actualisation juillet 2007

- [13] H. DUPLAN, S. FOSSE, C. LEVY-MARCHAL, A. FAGOT-CAMPAGNA – Séjours hospitaliers pour complications métaboliques aiguës chez les jeunes diabétiques (1-19 ans) : données du PMSI 2003 – InVs
- [14] L. PERLEMUTER, J.-L. SELAM, G. COLLIN DE L'HORTET – Complications métaboliques aiguës – Diabètes et maladies métaboliques – Abrégés de MASSON, 4<sup>ème</sup> édition, 2003
- [15] S. PAULIN, S. GRANPERRET-VAUTIER, A. PENFORMIS – Acidocétose diabétique – Traité de diabétologie coordonné par A. GRIMALDI – Paris : Flammarion Médecine-Sciences 2<sup>ème</sup> édition, 2009
- [16] M. BUYSSCHAERT – Complications aiguës – Diabétologie clinique – Edition De Boeck – 2006
- [17] P. BOILEAU, B. MERLE, P.-F. BOUGNERES – Traitement du diabète de l'enfant et de l'adolescent – EMC (Elsevier SAS, Paris), Pédiatrie, 4-059-K-20, 2005
- [18] Les situations d'urgence : l'hyperglycémie avec cétose – Disponible sur [www.diabete-france.net](http://www.diabete-france.net) (consulté le 14/02/2011)
- [19] J.-L. SELAM – Hypoglycémie et diabète insulino-dépendant – Traité de diabétologie coordonné par A. GRIMALDI – Paris : Flammarion Médecine-Sciences 2<sup>ème</sup> édition, 2009
- [20] G. PERLEMUTER, N.H. MORIN – Complications du diabète (en dehors des complications métaboliques aiguës et lors de grossesse) – Endocrinologie, diabétologie, nutrition – Edition ESTEM, MED-LINE – 2002
- [21] I. AUBRY-QUENET, S. ALLIEU-AMARA, E. BOUSQUET – Rétinopathie diabétique – Diabétologie – Edition ELSEVIER MASSON, 2010
- [22] P. MASSIN – Œil et diabète – Traité de diabétologie coordonné par A. GRIMALDI – Paris : Flammarion Médecine-Sciences 2<sup>ème</sup> édition, 2009
- [23] A. BEN MEHIDI, P. MASSIN, C. GUYOT-ARGENTON, A. ERGINAY, P.-J. GUILLAUSSÉAU, A. AUDRIC – La rétinopathie diabétique du sujet jeune : l'enfant et l'adolescent – Diabetes Metab 2003, 29, 300-6
- [24] R. ROUSSEL, S. HADJADJ, M. MARRE – Rein et diabète – Traité de diabétologie coordonné par A. GRIMALDI – Paris : Flammarion Médecine-Sciences 2<sup>ème</sup> édition, 2009
- [25] L. PERLEMUTER, J.-L. SELAM, G. COLLIN DE L'HORTET – Complications rénales – Diabètes et maladies métaboliques – Abrégés de MASSON, 4<sup>ème</sup> édition, 2003
- [26] R. COUTANT – Les complications du diabète chez l'enfant – La Revue du Praticien – vol 57, n° 13, p. 1421-1422 - septembre 2007

- [27] J.-C. CAREL, C. LEVY-MARCHAL – Renal complications of childhood type 1 diabetes. BMJ 2008; 336 : 677-678
- [28] G. SAID – Neuropathies diabétiques – EMC (Elsevier Masson SAS, Paris) – Endocrinologie-Nutrition, 10-366-L-10, 2009
- [29] La Revue Prescrire – Traiter les douleurs neuropathiques du diabétique – Tome 23, n°244, p 760-766 - novembre 2003
- [30] G. LYON, P. EVRARD – Maladies du muscle et du système nerveux périphérique – Neuropédiatrie – 2<sup>ème</sup> édition MASSON, 2000
- [31] C. SACHON, A. GRIMALDI, A. HEURTIER – Complications du diabète – Encycl Méd Chir (Elsevier,Paris) – Encyclopédie Pratique de Médecine, 3-0850, 1998, 7p
- [32] G. HA VAN, A. HARTEMANN-HEURTIER, M. LEJEUNE, S. JACQUEMINET, S. JEANNE, P. MENOUE, F. GREAU, F. KOSKAS, PH. CLUZEL et J.P. DANAN – Le pied diabétique – Traité de diabétologie coordonné par A. GRIMALDI – Paris : Flammarion Médecine-Sciences 2<sup>ème</sup> édition, 2009
- [33] O. DEREURE – Diabète et plaies du pied – Information et prévention de pair – Profession pharmacien – n°40, p. 48-52, octobre 2008
- [34] G. HA VAN – Artériopathie des membres inférieurs – Le pied diabétique – Edition MASSON – 2008
- [35] P. SENET, S. BENAMOR, O. CHOSIDOW – Peau et diabète – Traité de diabétologie coordonné par A. GRIMALDI – Paris : Flammarion Médecine-Sciences 2<sup>ème</sup> édition, 2009
- [36] J. TIMSIT, D. DUBOIS-LAFORGUE – Diabète de type 1 et 2 de l'enfant et de l'adulte, 3<sup>ème</sup> partie : complications du diabète – La revue du Praticien – vol 53, n°15, p. 1693-1700 – 2003
- [37] S. AZOGUI-LEVY, F. ANAGNOSTOU, D. ETIENNE – Manifestations bucco-dentaires du diabète sucré – Traité de diabétologie coordonné par A. GRIMALDI – Paris : Flammarion Médecine-Sciences 2<sup>ème</sup> édition, 2009
- [38] V. SAUTOU-MIARND, J. CHOPINEAU, F. SOMDA, I. TAUVERON – Traitement du diabète sucré – Troubles métaboliques et hydro-électrolytiques – Pharmacie clinique et thérapeutique coordonné par J. CALOP, S. LIMAT, C. FERNANDEC – Edition MASSON, Paris, 2008
- [39] J.-L. CASTAING, B. LASSERE, O. CONORT, D. RICHARD – Insulines et formes galéniques d'insulines – Médicaments – Collection Le moniteur internat dirigée par M. VAUBOURDOLLE – 3<sup>ème</sup> édition, Wolters Kluwer SA, 2007
- [40] Schéma de l'insuline humaine – Disponible sur [www.diabete-france.net](http://www.diabete-france.net) (consulté le 26/04/2011)

- [41] Schéma du rôle de l'insuline – Disponible sur [www.georges.dolisi.free.fr](http://www.georges.dolisi.free.fr) (consulté le 9/08/2011)
- [42] M. TALBERT, G. WILLOQUET, R. GERVAIS – Le guide pharmacologique clinique, p 366-397 – Edition Wolters Kluwer, France, 2009
- [43] NOVOMIX® 30 Flexpen – Disponible sur [www.novonordisk.fr](http://www.novonordisk.fr) (consulté le 10/08/2011)
- [44] Le dictionnaire VIDAL 2010
- [45] Les insulines et les schémas de traitement – Le traitement du diabète – Disponible sur [www.diabete-france.net](http://www.diabete-france.net) (consulté le 10/08/2011)
- [46] L'injection d'insuline – Les cahiers de l'AJD – Disponible sur [www.diabete-france.net](http://www.diabete-france.net) (consulté le 10/05/2011)
- [47] C. MERIOT – L'insuline et ses différents modes d'injection – Matériel d'injection de l'insuline et d'autocontrôle glycémique, conseils d'utilisation – Actualités pharmaceutiques, n°478 – Octobre 2008
- [48] INPEX/05.09 EG n°262
- [49] Inpex – VIDAL – SINS09 – 051 – Mai 2009
- [50] Inpex – VIDAL – 239383 – Janvier 2010
- [51] Produits – Disponible sur [www.novolab.fr](http://www.novolab.fr) (consulté le 12/08/2011)
- [52] Les pompes à insulines – Les produits – Disponible sur [www.accu-chek.fr](http://www.accu-chek.fr) (consulté le 12/08/2011)
- [53] La pompe à insuline – Les dossiers de l'AJD - Disponible sur [www.diabete-france.net](http://www.diabete-france.net) (consulté le 19/05/2011)
- [54] E. PONT, M. LAGADEC, B. BARRIERE, M.-P. TEISSIER – Les dispositifs d'insulinothérapie par pompe externe – Actualités pharmaceutiques hospitalières, n°14, mai 2008
- [55] D. DE LA HAYE SAINT HILAIRE, F. MOREAU, S. SIGRIST, M. PINGET, N. JEANDIDIER – Insulinothérapie : insuline ou analogues ? Injection ou perfusion ? Boucle ouverte ou boucle fermée ? – Médecine Nucléaire 34 (2010) 583-588 – Edition Elsevier Masson
- [56] M.-P. TEISSIER – L'insulinothérapie par pompe externe – Actualités pharmaceutiques hospitalières, n°14 – Mai 2008
- [57] Arrêté du 27 avril 2009 relatif à la radiation des pompes externes à insuline programmables à l'achat inscrites au chapitre 1<sup>er</sup> du titre Ier de la liste des produits et

prestations remboursables prévue à l'article L.165-1 du code de la sécurité sociale – Journal Officiel de la République Française – 30 avril 2009(22) : 7325

[58] Pompes à insuline – Disponible sur [www.chu-dijon.fr](http://www.chu-dijon.fr) (consulté le 12/08/2011)

[59] H. HANAIRE, D. ALLEMANDOU – Traitement par pompe à insuline - Traité de diabétologie coordonné par A. Grimaldi – Paris: Flammarion Médecine-Sciences 2<sup>ème</sup> édition, 2009

[60] D. NOUET, J.-J. ROBERT – Diabète insulino-dépendant de l'enfant et de l'adolescent – Alimentation de l'enfant en situations normale et pathologique coordonné par O. GOULET et M. VIDAILHET – Progrès en pédiatrie 13, 2002

[61] H. LEFEVRE, J.-C. CAREL, P.-F. BOUGNERES – Traitement du diabète de l'enfant et de l'adolescent – Encycl Méd Chir (Elsevier, Paris), AKOS Encyclopédie Pratique de Médecine, 8-0570, 1999, 4p

[62] M. BUYSSCHAERT – Les mesures diététiques et l'exercice physique – Diabétologie clinique - Edition De Boeck – 2006

[63] N. MASSEBOEUF, P. FIQUET – Diététique et diabète de type 1 : « de la science... à l'assiette... du patient » - Traité de diabétologie coordonné par A. Grimaldi – Paris : Flammarion Médecine-Sciences 2<sup>ème</sup> édition, 2009

[64] L'alimentation – Les cahiers de l'AJD – Disponible sur [www.diabete-france.net](http://www.diabete-france.net) (consulté le 01/06/2011)

[65] L. PERLEMUTER, J.-L. SELAM, G. COLLIN DE L'HORTET – Alimentation et diabète – Diabètes et maladies métaboliques – Abrégés de MASSON, 4<sup>ème</sup> édition, 2003

[66] Faire du sport – Disponible sur [www.enfance-adolescence-diabete.org](http://www.enfance-adolescence-diabete.org) (consulté le 20/05/2011)

[67] Tout sur le diabète – Disponible sur [www.bd.com/fr/diabetes/](http://www.bd.com/fr/diabetes/) (consulté le 02/06/2011)

[68] N. TUBIANA-RUFI – Technique d'injection d'insuline – Traitement du diabète – Disponible sur [www.diabete-france.net](http://www.diabete-france.net) (consulté le 03/06/2011)

[69] NOVOPEN® Junior – Disponible sur [www.novonordisk.fr](http://www.novonordisk.fr) (consulté le 03/06/2011)

[70] Prise en charge du patient diabétique – Guide à l'usage de l'équipe officinale, Becton Dickinson France SAS, septembre 2009

[71] L'autosurveillance – Le diabète – Disponible sur [www.accu-chek.fr](http://www.accu-chek.fr) (consulté le 05/06/2011)

- [72] Le matériel d'autosurveillance – Le Moniteur des pharmacies, n° 2875, cahier 2 – 26 mars 2011
- [73] C. MERIOT – L'autocontrôle glycémique en pratique – Matériel d'injection de l'insuline et d'autocontrôle glycémique, conseils d'utilisation – Actualités pharmaceutiques, n° 478 – Octobre 2008
- [74] Lecteur de glycémie TRUEresult Twist – Le moniteur des pharmacies, n° 2827 – 17 avril 2010
- [75] Le matériel du diabétique – Le moniteur des pharmacies, n° 2555, cahier II, 30 octobre 2004
- [76] Les produits – Disponible sur [www.accu-chek.fr](http://www.accu-chek.fr) (consulté le 06/06/2011)
- [77] GLUCOJECT DUAL® S – Disponible sur [www.fr.menariniagnostics.ch](http://www.fr.menariniagnostics.ch) (consulté le 06/06/2011)
- [78] Réaliser un prélèvement capillaire en douceur – ABC Lifescan
- [79] Carnet d'autosurveillance d'ACCU-CHEK des laboratoires Roche
- [80] La charte des services de la solution Diabcarnet – Disponible sur [www.diabcarnet.com](http://www.diabcarnet.com) (consulté le 09/06/2011)
- [81] Les analyses – Le traitement du diabète – Disponible sur [www.diabete-france.net](http://www.diabete-france.net) (consulté le 10/06/2011)
- [82] L'adaptation des doses d'insuline – Disponible sur [www.diabete-france.net](http://www.diabete-france.net) (consulté le 14/06/2011)
- [83] J.-J ROBERT – Autosurveillance dans la prise en charge du diabète de l'enfant – Diabetes Metab 2003, 29, 2S47-2S53
- [84] Bandelette urinaire KETO-DIASTIX® – Disponible sur [www.bayerhealthcare.fr/168.0.html](http://www.bayerhealthcare.fr/168.0.html) (consulté le 16/06/2011)
- [85] Echelle colorimétrique – Disponible sur [www.vivreavecundiabete.com](http://www.vivreavecundiabete.com)
- [86] C. MERIOT – L'élimination des déchets de soins à risques infectieux – Matériel d'injection de l'insuline et d'autocontrôle glycémique, conseils d'utilisation – Actualités pharmaceutiques, n°478 – Octobre 2008
- [87] Décret n°97-1048 du 6 novembre 1997 relatif à l'élimination des déchets d'activités de soins à risques infectieux et assimilés et des pièces anatomiques et modifiant le code de la santé publique (deuxième partie : Décrets en Conseil d'Etat).

- [88] Arrêté du 24 novembre 2003 relatif aux emballages des déchets d'activités de soins à risques infectieux et assimilés et des pièces anatomiques d'origine humaine.
- [89] Les produits – Disponible sur [www.bd.com/fr/diabetes/](http://www.bd.com/fr/diabetes/) (consulté le 17/06/2011)
- [90] Décret n°2010\_1263 du 22 octobre 2010 relatif à l'élimination des déchets d'activités de soins à risques infectieux produits par les patients en auto-traitement.
- [91] Loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement
- [92] L'hypoglycémie – Les cahiers de l'AJD – Disponible sur [www.diabete-france.net](http://www.diabete-france.net) (consulté le 17/06/2011)
- [93] GLUCAGEN® kit – Disponible sur [docnews.diabetesjournals.org](http://docnews.diabetesjournals.org) (consulté le 17/06/2011)
- [94] L'hyperglycémie avec cétose – Les cahiers de l'AJD – Disponible sur [www.diabete-france.net](http://www.diabete-france.net) (consulté le 17/06/2011)
- [95] G. HVAN – Le pied diabétique – Edition Elsevier Masson, 2008, p.61
- [96] Gamme ALKIDIA® – Disponible sur [www.asepta.com](http://www.asepta.com) (consulté le 19/06/2001)
- [97] Les soins médicaux – Disponible sur [www.diabete-france.net](http://www.diabete-france.net) (consulté le 19/06/2011)
- [98] A l'école – Disponible sur [www.diabete-france.net](http://www.diabete-france.net) (consulté le 20/06/2011)
- [99] M.-C. WIELICZKO – Accueil de l'enfant diabétique à l'école – La Revue du Praticien, vol 58, n°7, p. 753-754
- [100] Voyages et diabète – Disponible sur [www.accu-chek.fr](http://www.accu-chek.fr) (consulté le 24/06/2011)
- [101] Le diabète à l'aéroport – Guide de l'Association Française des Diabétiques, 2008 – Disponible sur [www.afd.asso.fr](http://www.afd.asso.fr) (consulté le 25/06/2011)
- [102] Le sport – Disponible sur [www.diabete-france.net](http://www.diabete-france.net) (consulté le 27/06/2011)
- [103] Le permis de conduire – Disponible sur [www.afd.asso.fr](http://www.afd.asso.fr) (consulté le 27/06/2011)
- [104] P. VEXIAU, C. AVRIL – Législation et le diabète – Traité de diabétologie coordonné par A. Grimaldi – Paris : Flammarion Médecine-Sciences 2<sup>ème</sup> édition, 2009
- [105] L'AFD : unie et solidaire – Disponible sur [www.afd.asso.fr](http://www.afd.asso.fr) (consulté le 28/06/2011)
- [106] M. CAHANE, J.-J. ROBERT – Aide aux jeunes diabétiques – Rôle des associations de patients – Traité de diabétologie coordonné par A. Grimaldi – Paris : Flammarion Médecine-Sciences 2<sup>ème</sup> édition, 2009

**Nom – Prénom :** GAUTIER Marie

**Titre de la thèse :** Le diabète de type 1 chez l'enfant et l'adolescent : conseils à l'officine

---

**Résumé de la thèse :**

Le diabète de l'enfant et de l'adolescent est dans la majorité des cas un diabète de type 1, maladie chronique qui se caractérise par une carence profonde en insuline.

Le traitement, qui repose sur des injections quotidiennes d'insuline, une surveillance glycémique et des règles hygiéno-diététiques strictes, n'est pas toujours facile à instaurer et à suivre correctement chez un jeune enfant, ce qui peut engendrer des complications.

L'apparition d'une telle maladie provoque un profond bouleversement chez le jeune diabétique et sa famille. Le pharmacien a donc un rôle primordial à jouer, en particulier en matière d'éducation, afin que l'enfant diabétique ait la vie de tout autre enfant de son âge.

---

**MOTS CLÉS :** DIABÈTE DE TYPE 1, ENFANT, ADOLESCENT, INSULINOTHÉRAPIE, ÉDUCATION

---

**JURY :**

**Président :** Mr PINEAU Alain, Professeur de Toxicologie  
UFR de Pharmacie de Nantes

**Assesseurs :** Mme BOBIN-DUBIGEON Christine, Maître de Conférences en Pharmacologie,  
UFR de Pharmacie de Nantes

Mr QUANCARD Olivier, Pharmacien  
59 boulevard Pierre de Coubertin 44100 Nantes

---