

**THESE
POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN PHARMACIE**

**Soutenu publiquement le 9 Septembre 2020
Par Mme DELBARRE Claire**

**DIABETE DE TYPE 1 CHEZ L'ENFANT : DU DIAGNOSTIC A LA
PRISE EN CHARGE THERAPEUTIQUE ; PLACE DU PHARMACIEN
D'OFFICINE**

Membres du jury :

Président : Pr Bertrand Décaudin, PUPH, CHU de Lille – Faculté de Pharmacie de Lille

Directeur, conseiller de thèse : Mme Stéphanie Genay, MCUPH, CHU de Lille – Faculté de Pharmacie de Lille

Assesseur(s) : Mme Annie Standaert, MCF, Faculté de Pharmacie de Lille

Mr Maxime Dreszer, Pharmacien d'officine, Saint-Saulve



3, rue du Professeur Laguesse - B.P. 83 - 59006 LILLE CEDEX

☎ 03.20.96.40.40 - 📠 : 03.20.96.43.64

<http://pharmacie.univ-lille2.fr>

Université de Lille

Président :	Jean-Christophe CAMART
Premier Vice-président :	Nicolas POSTEL
Vice-présidente formation :	Lynne FRANJIE
Vice-président recherche :	Lionel MONTAGNE
Vice-président relations internationales :	François-Olivier SEYS
Vice-président stratégie et prospective	Régis BORDET
Vice-présidente ressources	Georgette DAL
Directeur Général des Services :	Pierre-Marie ROBERT
Directrice Générale des Services Adjointe :	Marie-Dominique SAVINA

Faculté de Pharmacie

Doyen :	Bertrand DÉCAUDIN
Vice-doyen et Assesseur à la recherche :	Patricia MELNYK
Assesseur aux relations internationales :	Philippe CHAVATTE
Assesseur aux relations avec le monde professionnel :	Thomas MORGENROTH
Assesseur à la vie de la Faculté :	Claire PINÇON
Assesseur à la pédagogie :	Benjamin BERTIN
Responsable des Services :	Cyrille PORTA
Représentant étudiant :	Victoire LONG

Liste des Professeurs des Universités - Praticiens Hospitaliers

Civ.	Nom	Prénom	Laboratoire
Mme	ALLORGE	Delphine	Toxicologie et Santé publique
M.	BROUSSEAU	Thierry	Biochimie
M.	DÉCAUDIN	Bertrand	Biopharmacie, Pharmacie Galénique et Hospitalière
M.	DEPREUX	Patrick	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert LESPAGNOL
M.	DINE	Thierry	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique
Mme	DUPONT-PRADO	Annabelle	Hématologie

Mme	GOFFARD	Anne	Bactériologie - Virologie
M.	GRESSIER	Bernard	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique
M.	ODOU	Pascal	Biopharmacie, Pharmacie Galénique et Hospitalière
Mme	POULAIN	Stéphanie	Hématologie
M.	SIMON	Nicolas	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique
M.	STAELS	Bart	Biologie cellulaire

Liste des Professeurs des Universités

Civ.	Nom	Prénom	Laboratoire
M.	ALIOUAT	El Moukhtar	Parasitologie - Biologie animale
Mme	AZAROUAL	Nathalie	Biophysique et Laboratoire d'application de RMN
M.	CAZIN	Jean-Louis	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique
M.	CHAVATTE	Philippe	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert LESPAGNOL
M.	COURTECUISSÉ	Régis	Sciences Végétales et Fongiques
M.	CUNY	Damien	Sciences Végétales et Fongiques
Mme	DELBAERE	Stéphanie	Biophysique et application de RMN
Mme	DEPREZ	Rebecca	Médicaments et molécules pour agir sur les systèmes vivants
M.	DEPREZ	Benoît	Médicaments et molécules pour agir sur les systèmes vivants
M.	DUPONT	Frédéric	Sciences Végétales et Fongiques
M.	DURIEZ	Patrick	Physiologie
M.	FOLIGNÉ	Benoît	Bactériologie - Virologie
M.	GARÇON	Guillaume	Toxicologie et Santé publique
Mme	GAYOT	Anne	Pharmacotechnie industrielle
M.	GOOSSENS	Jean-François	Chimie analytique
M.	HENNEBELLE	Thierry	Pharmacognosie

M.	LEBEGUE	Nicolas	Chimie thérapeutique
M.	LEMDANI	Mohamed	Biomathématiques
Mme	LESTAVEL	Sophie	Biologie cellulaire
Mme	LESTRELIN	Réjane	Biologie cellulaire
Mme	MELNYK	Patricia	Chimie thérapeutique
M.	MILLET	Régis	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert LESPAGNOL
Mme	MUHR-TAILLEUX	Anne	Biochimie
Mme	PERROY	Anne-Catherine	Législation et Déontologie pharmaceutique
Mme	ROMOND	Marie-Bénédicte	Bactériologie - Virologie
Mme	SAHPAZ	Sevser	Pharmacognosie
M.	SERGHERAERT	Éric	Législation et Déontologie pharmaceutique
M.	SIEPMANN	Juergen	Pharmacotechnie industrielle
Mme	SIEPMANN	Florence	Pharmacotechnie industrielle
M.	WILLAND	Nicolas	Médicaments et molécules pour agir sur les systèmes vivants

Liste des Maîtres de Conférences - Praticiens Hospitaliers

Civ.	Nom	Prénom	Laboratoire
Mme	BALDUYCK	Malika	Biochimie
Mme	GARAT	Anne	Toxicologie et Santé publique
Mme	GENAY	Stéphanie	Biopharmacie, Pharmacie Galénique et Hospitalière
M.	LANNOY	Damien	Biopharmacie, Pharmacie Galénique et Hospitalière
Mme	ODOU	Marie-Françoise	Bactériologie - Virologie

Liste des Maîtres de Conférences

Civ.	Nom	Prénom	Laboratoire
M.	AGOURIDAS	Laurence	Chimie thérapeutique
Mme	ALIOUAT	Cécile-Marie	Parasitologie - Biologie animale
M.	ANTHÉRIEU	Sébastien	Toxicologie et Santé publique
Mme	AUMERCIER	Pierrette	Biochimie
M.	BANTUBUNGI-BLUM	Kadiombo	Biologie cellulaire
Mme	BARTHELEMY	Christine	Biopharmacie, Pharmacie Galénique et Hospitalière
Mme	BEHRA	Josette	Bactériologie - Virologie
M.	BELARBI	Karim-Ali	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique
M.	BERTHET	Jérôme	Biophysique et Laboratoire d'application de RMN
M.	BERTIN	Benjamin	Immunologie
M.	BLANCHEMAIN	Nicolas	Pharmacotechnie industrielle
M.	BORDAGE	Simon	Pharmacognosie
M.	BOSC	Damien	Médicaments et molécules pour agir sur les systèmes vivants
M.	BRIAND	Olivier	Biochimie
M.	CARNOY	Christophe	Immunologie
Mme	CARON-HOUDE	Sandrine	Biologie cellulaire
Mme	CARRIÉ	Hélène	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique
Mme	CHABÉ	Magali	Parasitologie - Biologie animale
Mme	CHARTON	Julie	Médicaments et molécules pour agir sur les systèmes vivants
M.	CHEVALIER	Dany	Toxicologie et Santé publique
Mme	DANEL	Cécile	Chimie analytique
Mme	DEMANCHE	Christine	Parasitologie - Biologie animale
Mme	DEMARQUILLY	Catherine	Biomathématiques

M.	DHIFLI	Wajdi	Biomathématiques
Mme	DUMONT	Julie	Biologie cellulaire
M.	EL BAKALI	Jamal	Chimie thérapeutique
M.	FARCE	Amaury	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert LESPAGNOL
M.	FLIPO	Marion	Médicaments et molécules pour agir sur les systèmes vivants
Mme	FOULON	Catherine	Chimie analytique
M.	FURMAN	Christophe	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert LESPAGNOL
M.	GERVOIS	Philippe	Biochimie
Mme	GOOSSENS	Laurence	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert LESPAGNOL
Mme	GRAVE	Béatrice	Toxicologie et Santé publique
Mme	GROSS	Barbara	Biochimie
M.	HAMONIER	Julien	Biomathématiques
Mme	HAMOUDI-BEN YELLES	Chérifa-Mounira	Pharmacotechnie industrielle
Mme	HANNOTHIAUX	Marie-Hélène	Toxicologie et Santé publique
Mme	HELLEBOID	Audrey	Physiologie
M.	HERMANN	Emmanuel	Immunologie
M.	KAMBIA KPAKPAGA	Nicolas	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique
M.	KARROUT	Younes	Pharmacotechnie industrielle
Mme	LALLOYER	Fanny	Biochimie
Mme	LECOEUR	Marie	Chimie analytique
Mme	LEHMANN	Hélène	Législation et Déontologie pharmaceutique
Mme	LELEU	Natascha	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert LESPAGNOL
Mme	LIPKA	Emmanuelle	Chimie analytique
Mme	LOINGEVILLE	Florence	Biomathématiques
Mme	MARTIN	Françoise	Physiologie

M.	MOREAU	Pierre-Arthur	Sciences Végétales et Fongiques
M.	MORGENROTH	Thomas	Législation et Déontologie pharmaceutique
Mme	MUSCHERT	Susanne	Pharmacotechnie industrielle
Mme	NIKASINOVIC	Lydia	Toxicologie et Santé publique
Mme	PINÇON	Claire	Biomathématiques
M.	PIVA	Frank	Biochimie
Mme	PLATEL	Anne	Toxicologie et Santé publique
M.	POURCET	Benoît	Biochimie
M.	RAVAUX	Pierre	Biomathématiques / service innovation pédagogique
Mme	RAVEZ	Séverine	Chimie thérapeutique
Mme	RIVIÈRE	Céline	Pharmacognosie
M.	ROUMY	Vincent	Pharmacognosie
Mme	SEBTI	Yasmine	Biochimie
Mme	SINGER	Elisabeth	Bactériologie - Virologie
Mme	STANDAERT	Annie	Parasitologie - Biologie animale
M.	TAGZIRT	Madjid	Hématologie
M.	VILLEMAGNE	Baptiste	Médicaments et molécules pour agir sur les systèmes vivants
M.	WELTI	Stéphane	Sciences Végétales et Fongiques
M.	YOUS	Saïd	Chimie thérapeutique
M.	ZITOUNI	Djamel	Biomathématiques

Professeurs Certifiés

Civ.	Nom	Prénom	Laboratoire
Mme	FAUQUANT	Soline	Anglais
M.	HUGES	Dominique	Anglais
M.	OSTYN	Gaël	Anglais

Professeur Associé - mi-temps

Civ.	Nom	Prénom	Laboratoire
M.	DAO PHAN	Haï Pascal	Médicaments et molécules pour agir sur les systèmes vivants
M.	DHANANI	Alban	Législation et Déontologie pharmaceutique

Maîtres de Conférences ASSOCIES - mi-temps

Civ.	Nom	Prénom	Laboratoire
Mme	CUCCHI	Malgorzata	Biomathématiques
M.	DUFOSSEZ	François	Biomathématiques
M.	FRIMAT	Bruno	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique
M.	GILLOT	François	Législation et Déontologie pharmaceutique
M.	MASCAUT	Daniel	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique
M.	ZANETTI	Sébastien	Biomathématiques

AHU

Civ.	Nom	Prénom	Laboratoire
Mme	CUVELIER	Élodie	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique
Mme	DEMARET	Julie	Immunologie
M.	GRZYCH	Guillaume	Biochimie
Mme	HENRY	Héloïse	Biopharmacie, Pharmacie Galénique et Hospitalière
Mme	MASSE	Morgane	Biopharmacie, Pharmacie Galénique et Hospitalière

ATER

Civ.	Nom	Prénom	Laboratoire
M.	GHARBI	Zied	Biomathématiques
Mme	FLÉAU	Charlotte	Médicaments et molécules pour agir sur les systèmes vivants
Mme	N'GUESSAN	Cécilia	Parasitologie - Biologie animale
M.	RUEZ	Richard	Hématologie
M.	SAIED	Tarak	Biophysique et Laboratoire d'application de RMN
Mme	VAN MAELE	Laurye	Immunologie

Enseignant contractuel

Civ.	Nom	Prénom	Laboratoire
M.	MARTIN MENA	Anthony	Biopharmacie, Pharmacie Galénique et Hospitalière

Faculté de Pharmacie de Lille

3, rue du Professeur Laguesse - B.P. 83 - 59006 LILLE CEDEX
Tel. : 03.20.96.40.40 - Télécopie : 03.20.96.43.64
<http://pharmacie.univ-lille2.fr>

L'Université n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses ; celles-ci sont propres à leurs auteurs.

REMERCIEMENTS

La réalisation de cette thèse n'aurait pu être possible sans l'implication de nombreuses personnes à qui j'aimerais témoigner toute ma gratitude.

Mme Stéphanie Genay, merci d'avoir accepté de me suivre dans ce beau projet. Merci pour votre bienveillance, votre disponibilité et l'ensemble des conseils que vous m'avez prodigués lors de la rédaction de cette thèse.

Mr Bertrand Décaudin, doyen de la Faculté de Pharmacie, merci de me faire l'honneur de présider cette thèse.

Mme Annie Standeart, merci d'avoir accepté de participer à mon jury de thèse ; mais surtout merci pour votre bonne humeur et votre implication sans faille dans la filière officine.

Mr Maxime Dreszer, merci pour la confiance que vous m'avez accordée ces dernières années. Ces quelques lignes sont l'occasion pour moi de vous témoigner toute ma reconnaissance. Travailler pour vous a été un réel plaisir.

Mme Malika Balduyck, merci pour le partage de connaissances dont vous m'avez fait bénéficier.

A l'ensemble des professeurs de la Faculté de Pharmacie de Lille, merci pour la qualité des enseignements prodigués et les nombreuses connaissances transmises.

A mes collègues de la Pharmacie Dreszer, merci pour tous les bons moments que nous avons partagés ensemble. Des rires au larmes, vous avez été comme une deuxième famille pour moi.

Audrey, Ophélie et Véronique, vous allez tellement me manquer. Vous êtes des préparatrices en or. J'espère de tout cœur que l'on aura l'occasion de retravailler ensemble.

A mes parents, qui m'ont vu grandir et évoluer. Merci pour l'éducation et la richesse des valeurs que vous m'avez transmises. J'espère vous avoir rendu fiers. Clin d'œil tout particulier à ma maman, merci pour ton soutien intemporel. Ces remerciements sont l'occasion pour moi de te transmettre l'amour incommensurable que je te porte.

A Jeff, qui me supporte dans les bons comme dans les mauvais moments. Merci d'être l'épaule sur laquelle je peux me reposer, mon ami, mon amour, mon tout. J'ai tellement hâte de commencer une nouvelle vie à tes côtés.

A mes sœurs d'amour, Marie & Hélène, merci pour tous ces moments partagés depuis notre naissance. Je profite de cette thèse pour vous témoigner tout l'amour que je vous porte.

A mes quatre rayons de soleil, Marceau, Victoire, Perle et tout particulièrement Fleur qui m'a donné l'envie d'écrire cette thèse. Ma Fleur, tu es un cadeau du ciel. Je suis tellement fière de toi et de la petite fille que tu es devenue. J'espère que cette thèse t'en apprendra un peu plus sur cette maladie qui occupe ton quotidien.

Marie & Yann, bravo pour votre courage. Vous êtes des parents exemplaires et une véritable source d'inspiration pour nous tous.

A mon beau-frère Laurent, merci pour toutes ces impressions. Des périodes de révision jusqu'à la thèse, j'ai toujours pu compter sur toi. RIP aux arbres tués...

A mes grands-parents et toutes les personnes que je n'ai pas pu citer ici, merci de faire partie de ma vie.

A mes copines adorées ; Margot, ma plus vieille amie ; Cyrielle, ma sœur de cœur et Mathilde, ma binôme de choc.

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ABREVIATIONS.....	21
LISTE DES FIGURES.....	23
LISTE DES TABLEAUX	25
LISTE DES ANNEXES	27
INTRODUCTION.....	29
PARTIE 1	31
INTRODUCTION GÉNÉRALE AU DIABETE DE TYPE 1 : EPIDEMIOLOGIE ET PHYSIOPATHOLOGIE DE LA MALADIE.....	31
I. PHYSIOPATHOLOGIE	33
A. <i>Maladie auto-immune à médiation cellulaire et humorale.....</i>	33
1. Insulinite pancréatique	33
2. Modèle expérimental chez la souris.....	33
3. Auto-anticorps	34
B. <i>Phases évolutives du DT1.....</i>	35
1. Phase préclinique.....	36
2. Phase clinique	36
3. Phase de rémission partielle.....	37
4. Dépendance chronique à l'insuline	37
II. EPIDEMIOLOGIE	38
A. <i>Au niveau mondial.....</i>	38
1. Prévalence	38
2. Incidence.....	38
B. <i>Au niveau européen.....</i>	39
1. Variations selon l'âge.....	39
2. Variations géographiques	40
3. Variations selon le caractère saisonnier	41
C. <i>Au niveau national.....</i>	41
1. Prévalence et incidence en France	41
2. Variations selon l'âge et le sexe	42
3. Variations géographiques	43
D. <i>A l'avenir.....</i>	44
III. ETIOLOGIES	45
A. <i>Facteurs environnementaux.....</i>	45
1. Les infections	45
2. L'alimentation	47
3. Relation entre diabète et vitamine D	47
B. <i>Facteurs génétiques.....</i>	48
C. <i>Théorie hygiéniste.....</i>	49
1. Contact microbien précoce.....	49
2. Vaccination	50
PARTIE 2	51
DIAGNOSTIC DE LA MALADIE ET PRISE EN CHARGE MÉDICAMENTEUSE.....	51
I. DIAGNOSTIC	53
A. <i>Diagnostic clinique.....</i>	53
B. <i>Diagnostic biologique</i>	54
1. Recommandations de l'OMS	54
2. Méthodes diagnostiques	55
C. <i>Maladies associées</i>	56
1. Dépistage de la thyroïdite.....	57
2. Dépistage de la maladie coéliqua.....	57
3. Autres dépistages	57
D. <i>Dépistage du DT 1.....</i>	57

II.	TRAITEMENTS MÉDICAMENTEUX	59
A.	<i>Généralités</i>	59
1.	Evolution majeure dans l'histoire du DT 1	59
2.	Initiation du traitement	59
B.	<i>Insulinothérapie</i>	60
1.	De 1921 à aujourd'hui	60
2.	Fonctionnalités de l'insuline	60
3.	Principe de l'insulinothérapie.....	61
4.	Insulines disponibles en 2019 / 2020	62
a)	Les analogues de l'insuline	63
(1)	Les insulines humaines biogénétiques.....	64
(2)	Les analogues rapides de l'insuline.....	64
(3)	Les analogues lents de l'insuline.....	65
(4)	Les insulines et analogues d'action intermédiaire.....	65
5.	Schémas thérapeutiques applicables à l'enfant.....	66
a)	Schéma basal bolus	66
b)	L'insulinothérapie fonctionnelle	67
(1)	Les besoins insuliniques de base.....	67
(2)	Les besoins insuliniques postprandiaux.....	68
(3)	L'insuline de correction.....	68
(4)	Moins de contraintes pour plus de liberté	68
c)	Les pompes à insuline	69
6.	Modalités d'administration de l'insuline.....	69
a)	Stylos à insuline	70
b)	Lieu d'injection	72
c)	Facteurs influençant l'absorption de l'insuline	74
d)	Technique d'injection	75
C.	<i>Spécificités des pompes à insuline externes</i>	77
1.	Réglementation	77
a)	Prise en charge chez l'enfant	77
b)	Modalités de prescription	77
c)	Rôle du prestataire de santé	78
2.	Une opportunité chez l'enfant	78
a)	Intérêt de la pompe à insuline chez l'enfant.....	78
(1)	Une meilleure insuline basale	79
(2)	Un bolus amélioré et plus intelligent.....	79
b)	Organiser la mise sous pompe	79
3.	Indications et contre-indications	80
a)	Indications communes à l'adulte	80
b)	Indications propres à l'enfant et l'adolescent.....	81
c)	Contre-indications à la mise sous pompe	81
4.	Description d'une pompe à insuline externe	82
5.	Modèles disponibles.....	83
a)	Pompes patch.....	84
b)	Pompes couplées à un capteur de glucose	86
c)	Accessoires	87
6.	Danger de la pompe à insuline externe.....	89
D.	<i>Les perspectives du pancréas artificiel</i>	90
1.	Objectifs.....	90
2.	Etudes publiées ou en cours.....	91
a)	Etude « FreeLife Kid AP »	91
b)	Etude « Diabeloop for kids » DBL4K.....	92
	Les résultats de cette étude sont également prévus pour 2020 [73].....	92
c)	Prochaines études	92
3.	Trois dispositifs dans les « starting blocks »	93
III.	SURVEILLANCE	94
A.	<i>Objectifs de la HAS (2007)</i>	94
1.	Guide ALD-8	94
2.	Professionnels impliqués	94
B.	<i>Consultations spécialisées</i>	95
1.	Fréquence de suivi.....	95
2.	Suivi pluridisciplinaire	95
C.	<i>Suivi biologique</i>	96
1.	Hémoglobine glyquée (HbA _{1c}).....	96

2.	Bilan biologique annuel	96
D.	<i>Autosurveillance glycémique</i>	97
1.	Intérêts de l'ASG en pédiatrie	97
2.	Objectifs thérapeutiques	98
3.	Dépendance à l'adulte	99
4.	Modalités de réalisation	99
a)	Fréquence de réalisation	99
b)	Le geste	100
c)	Recueil des données	101
5.	La mesure continue du glucose en pédiatrie	102
a)	Intérêts de la MCG	102
b)	Recommandations pédiatriques	103
c)	Principe de fonctionnement	104
d)	Holter glycémique	104
e)	MCG et pancréas artificiel	105
f)	Les systèmes de mesure en temps réel : exemple du capteur FreeStyle libre®	107
(1)	Caractéristiques techniques	107
(2)	Avantages et inconvénients	109
(3)	Modalités de prescription	109
(4)	Applications	110
	<i>FreeStyle LibreLink</i> (Figure 36)	110
(5)	FreeStyle Libre 2 en approche	113
6.	A l'avenir	113
IV.	COMPLICATIONS	114
A.	<i>Complications aiguës</i>	114
1.	Hypoglycémie	114
a)	Seuil hypoglycémique	114
b)	Phénomène de contre-régulation	115
c)	Symptomatologie	115
d)	Traitement et prévention	116
(1)	Hypoglycémies mineures	116
(2)	Hypoglycémies majeures	117
2.	Acidocétose diabétique	118
a)	Circonstances de survenue	118
b)	Signes cliniques	118
c)	Traitement	118
d)	Prévention	119
(1)	Au quotidien	119
(2)	Au moment du diagnostic	119
B.	<i>Complications chroniques</i>	121
C.	<i>Problèmes psycho-sociaux</i>	122
V.	PRISE EN CHARGE NUTRITIONNELLE	123
A.	<i>L'alimentation : un accompagnement indispensable à la maladie</i>	123
B.	<i>Besoins nutritionnels de l'enfant</i>	123
1.	Apports nutritionnels	124
2.	Apports glucidiques	125
a)	Rôles des glucides	125
b)	Retentissement sur la glycémie	125
c)	Théorie des sucres rapides et lents	126
3.	Index glycémique (IG)	126
a)	Définition	127
b)	Aliments et index glycémique	127
(1)	Quel index glycémique favoriser ?	128
(2)	Liste non exhaustive d'aliments selon leur IG	128
C.	<i>Alimentation équilibrée</i>	130
1.	Rythme des repas et injections	130
2.	Écarts alimentaires	131
3.	Recommandations générales	131
VI.	DIABETE ET SPORT	133
A.	<i>L'activité physique : un accompagnement indispensable à la maladie</i>	133
B.	<i>Recommandations internationales (OMS)</i>	133
1.	Recommandations applicables à la population pédiatrique	133
2.	Non-respect des recommandations dans la population DT 1	134

3.	Prévention et sensibilisation des populations.....	135
C.	<i>Effets bénéfiques de l'activité physique chez l'enfant</i>	135
1.	Bien-être physique et psychique de l'activité physique.....	136
2.	Sensibilité à l'insuline.....	136
D.	<i>Variabilité glycémique : impact de l'AP sur l'équilibre glycémique</i>	137
1.	Sport et hypoglycémie.....	137
a)	Hypoglycémie pendant l'effort.....	137
b)	Hypoglycémie après l'effort.....	138
2.	Sport et hyperglycémie.....	138
3.	Amélioration du contrôle glycémique.....	138
a)	Contrôler sa glycémie.....	139
b)	Moduler sa consommation de glucides.....	139
c)	Moduler son injection d'insuline.....	139
E.	<i>Sports à risques</i>	140
F.	<i>Sport à l'école</i>	140

PARTIE 3143

EDUCATION THERAPEUTIQUE ET PLACE DU PHARMACIEN D'OFFICINE DANS LA PRISE EN CHARGE D'UN ENFANT DIABETIQUE DE TYPE 1143

I.	GENERALITES SUR L'EDUCATION THERAPEUTIQUE.....	145
A.	<i>Loi HPST</i>	145
B.	<i>Organisation de l'ETP</i>	145
C.	<i>Objectifs des programmes d'ETP</i>	146
D.	<i>Programmes adaptés à l'enfant</i>	147
1.	Méthodes d'apprentissage.....	147
2.	Supports utilisés.....	147
3.	Partage avec autrui.....	148
II.	EDUCATION THERAPEUTIQUE AU DT1.....	149
A.	<i>Acteurs de l'ETP</i>	149
1.	Professionnels de santé impliqués.....	149
2.	Intégrer les parents à la démarche.....	150
B.	<i>Exemples de séances d'ETP</i>	151
C.	<i>Programmes ETP région Hauts-de-France</i>	152
III.	VIVRE AVEC LE DIABETE.....	153
A.	<i>Intégration scolaire</i>	153
1.	Contraintes liées à la scolarisation.....	153
2.	Projet d'Accueil Individualisé.....	153
3.	Métiers de demain.....	154
B.	<i>Evénements familiaux</i>	154
IV.	ENTOURAGE PARENTAL.....	155
A.	<i>Le choc du diagnostic</i>	155
1.	Inquiétude en l'avenir.....	155
2.	Culpabilité.....	156
3.	Acceptation.....	156
B.	<i>Modifications des habitudes de vie</i>	157
C.	<i>Rupture d'un idéal parental</i>	157
D.	<i>Relation triangulaire</i>	157
1.	Transfert de compétences parent/enfant.....	158
2.	Rôle parental.....	158
V.	DIABETE ET ADOLESCENCE.....	159
A.	<i>L'adolescence : une période à risque chez le diabétique</i>	159
1.	Aspects physiologiques.....	159
a)	Modifications hormonales.....	160
b)	Effondrement de la sécrétion insulinaire résiduelle.....	160
2.	Aspects psychologiques.....	161
a)	Construction d'une personnalité.....	161
b)	Transfert parental.....	161
B.	<i>ETP à l'adolescence</i>	162
C.	<i>Transition vers l'âge adulte</i>	162

VI.	ASSOCIATIONS POUR ENFANTS DIABETIQUES	163
A.	<i>Aide aux Jeunes Diabétiques (AJD)</i>	163
1.	L'association.....	163
2.	Réunion nationale du 17 Novembre 2019	164
B.	<i>Séjours médico-éducatifs</i>	164
1.	Cadre réglementaire.....	164
2.	Organisation.....	165
3.	Ressenti.....	165
VII.	PLACE DU PHARMACIEN D'OFFICINE	166
A.	<i>Prévention et dépistage</i>	166
1.	Tests de dépistage applicables au DT 2	166
2.	Signes d'alerte applicables au DT 1	166
B.	<i>Promotion de la santé publique</i>	167
1.	Supplémentation en vitamine D chez l'enfant diabétique.....	167
2.	Importance de la vaccination chez les jeunes diabétiques	167
C.	<i>Accompagnement du patient</i>	168
1.	Bon usage de l'insuline	168
a)	Règles de conservation.....	168
b)	Modalités d'injection de l'insuline	169
2.	Bon usage des dispositifs médicaux	170
a)	Matériel d'autosurveillance	170
b)	Circuit des pompes à insuline.....	170
3.	Participation aux programmes d'ETP	172
4.	Un pilier dans l'adhésion au traitement.....	172
D.	<i>Professionnel de santé de proximité</i>	173
1.	Outils à disposition du pharmacien	173
a)	Dossier pharmaceutique et dossier médical partagé	173
b)	Brochures informatives	175
2.	Un véritable conseiller	175
3.	Un soutien psychologique et social	175
E.	<i>Pharmacien de demain</i>	176
	CONCLUSION.....	177
	BIBLIOGRAPHIE	179
	ANNEXES	189
	AUTORISATION DE SOUTENANCE.....	207

LISTE DES ABREVIATIONS

- Activité Physique (AP)
- Affection de Longue Durée (ALD)
- Agence Nationale de la sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES)
- Agence Régionale de la Santé (ARS)
- Aide aux Jeunes Diabétiques (AJD)
- Apport Energétique Total (AET)
- Apport Nutritionnel Recommandé (ANR)
- Autosurveillance glycémique (ASG)
- Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire (BEH)
- Centre Hospitalier Universitaire (CHU)
- Comité d'Education Sanitaire et Sociale de la Pharmacien française (CESPHARM)
- Complexe Majeur d'Histocompatibilité (CMH)
- Communautés Professionnelles Territoriales de Santé (CPTS)
- Conformité Européenne (CE)
- Conseil National de l'Ordre des Pharmaciens (CNOP)
- Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux (DASRI)
- Dénomination Commune Internationale (DCI)
- Diabetes Control and Complications Trial (DCCT)
- Diabète de type 1 (DT 1)
- Diabète de type 2 (DT 2)
- Dossier Médical Partagé (DMP)
- Dossier Pharmaceutique (DP)
- Education Physique et Sportive (EPS)
- Education Thérapeutique du Patient (ETP)
- Entérovirus (EV)
- Epidemiology of Diabetes Interventions and Complications (EDIC)
- Exploration d'une Anomalie Lipidique (EAL)
- Flash Glucose Monitoring (FGM)
- Food and Drug Administration (FDA)

- Glutamic Acide Decarboxylase (GAD)
- Growth hormone (GH)
- Haute Autorité de la Santé (HAS)
- Hémoglobine glyquée (HbA_{1c})
- Hôpital Patient Santé Territoire (HPST)
- Human Leucocyte Antigen (HLA)
- Index Glycémique (IG)
- Infirmier(ère) Diplômé(e) d'Etat (IDE)
- Insulinoma Antigen 2 (IA2)
- Insulin-like growth factor-1 (IGF1)
- Insulinothérapie Fonctionnelle (ITF)
- International Diabetes Foundation (IDF)
- International Society of Pediatric and Adolescent Diabetes (ISPAD)
- Mesure Continue du Glucose (MCG)
- Non-obese diabetic (NOD)
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS)
- Projet d'Accueil Individualisé (PAI)
- Programme National Nutrition Santé (PNNS)
- Société Francophone du Diabète (SFD)
- Soins de Suite et de Réadaptation (SSR)
- Triglycérides (TAG)
- Thyroid-stimulating hormone (TSH)
- Thyroperoxydase (TPO)
- Unité (U)

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Histoire naturelle du diabète de type 1 [4].....	35
Figure 2 : Incidence du DT1 de l'enfant en Europe selon Eurodiab [11].....	40
Figure 3 : Taux d'incidence du diabète de type 1 par sexe et classe d'âge ; France, 2013-2015 (BEH) [13].....	43
Figure 4 : Taux d'incidence du diabète de type 1 en France (hors Mayotte) chez les enfants, par région, 2013-2015 (BEH) [13].....	44
Figure 5 : Etude européenne Innodia [29].....	57
Figure 6 : Bon usage des insulines et de leurs stylos [43].....	70
Figure 7 : Dépôt d'insuline en sous-cutanée (Laboratoire BD) [44].....	70
Figure 8 : Procédure à suivre pour favoriser le bon usage des stylos à insuline chez l'enfant (AJD) [45].....	71
Figure 9 : « Où faire l'injection d'insuline ? » (AJD) [45].....	72
Figure 10 : Détecter une lipohypertrophie [49, 50].....	73
Figure 11 : Exemple d'un plan de rotation structurée pour l'abdomen et les cuisses [46].....	74
Figure 12 : Injection d'insuline en sous-cutanée, avec un angle de 90°C (avec ou sans pli cutané) [51].....	75
Figure 13 : Comptage lors de l'injection d'insuline par stylo [46].....	76
Figure 14 : Collecteur DASRI [52].....	76
Figure 15 : Schéma d'une pompe à insuline externe, issu de la Fédération des diabétiques [56].....	82
Figure 16 : Circuit et montage d'une pompe à insuline externe, issu de la Fédération des diabétiques [56].....	83
Figure 17 : Disposition du Pod [59].....	84
Figure 18 : Exemple de patch pompe à insuline (mylife Omnipod) [60].....	85
Figure 19 : Où rapporter vos pompes patch mylife™ OmniPod® ? [61].....	85
Figure 20 : Pompe à insuline Minimed® 640G (Medtronic) et interfaces connectées [62].....	86
Figure 21 : Coques colorées pour pompe à insuline Medtronic ® [63].....	87
Figure 22 : Ceinture pour pompe à insuline (modèle licorne) [64].....	87
Figure 23 : Ceinture pour pompe à insuline (modèle chien) [65].....	88
Figure 24 : Bracelets pour jeunes diabétiques.....	88
Figure 25 : Le système de boucle fermée [68].....	90
Figure 26 : Pompe à insuline Minimed ® 670G (Medtronic).....	93
Figure 27 : Principe de l'ASG classique (AJD) [79].....	100
Figure 28 : Carnet d'autosurveillance glycémique chez l'enfant (Dinno Santé) [81].....	101

<i>Figure 29 : Principe de mesure ; glycémie interstitielle versus glycémie capillaire [82]</i>	102
<i>Figure 30 : Courbe glycémique sur 24 h [62].</i>	103
<i>Figure 31 : Capteurs de glucose Medtronic [85].</i>	105
<i>Figure 32 : Capteurs Dexcom G4® Platinum (Dinno Santé) [86]</i>	106
<i>Figure 33 : Capteur Enlite® couplé à la pompe à insuline Minimed 640G [82].</i>	106
<i>Figure 34 : Capteur FreeStyle Libre [83].</i>	107
<i>Figure 35 : Lecteur FreeStyle Libre [88]</i>	108
<i>Figure 36 : Application FreeStyle LibreLink [93].</i>	110
<i>Figure 37 : Durée dans la cible (Application FreeStyle LibreLink) [93].</i>	111
<i>Figure 38 : Les 3 applications connectées au FreeStyle Libre [94]</i>	112
<i>Figure 39 : Campagne d'information de l'AJD. Affiche destinée au grand public (à gauche). Fiche d'aide au diagnostic destinée aux professionnels de santé (à droite) [102]</i>	120
<i>Figure 40 : Définition de l'index glycémique [114]</i>	127
<i>Figure 41 : Alimentation et diabète [118]</i>	132
<i>Figure 42 : Pourcentage de participants ne respectant pas les recommandations (en semaine et le weekend, selon la tranche d'âge) [121]</i>	135
<i>Figure 43 : Approche systémique de la démarche en éducation thérapeutique [131]</i>	146
<i>Figure 44 : Cartographie des programmes d'ETP Diabète Enfant dans la région Hauts-de-France [136].</i>	152
<i>Figure 45 : Logo de l'association Aide aux Jeunes Diabétiques [146]</i>	163
<i>Figure 46 : Recommandations vaccinales 2020 [148]</i>	167
<i>Figure 47 : Conservation de l'insuline à des températures extrêmes [150].</i>	169
<i>Figure 48 : Objectifs du DP (Ordre National des Pharmaciens) [150].</i>	174
<i>Figure 49 : Autocollant DMP à apposer sur la carte vitale du patient [155].</i>	174

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1 : Nombre d'enfants nouvellement diagnostiqués diabétiques de type 1 en France sur la période 2013-2015, par classe d'âge [13].....</i>	<i>42</i>
<i>Tableau 2 : Critères de diagnostic du diabète et de l'hyperglycémie intermédiaire actuellement recommandés par l'OMS (2006) [25].....</i>	<i>55</i>
<i>Tableau 3 : Profil d'action des insulines les plus utilisées chez l'enfant et l'adolescent [33, 38]</i>	<i>63</i>
<i>Tableau 4 : Cibles glycémiques de l'ISPAD (Consensus de 2018) [75].....</i>	<i>98</i>
<i>Tableau 5 : Symptômes d'hypoglycémie [100].....</i>	<i>116</i>
<i>Tableau 6 : Références nutritionnelles en macronutriments (intervalles de référence en % de l'AET pour l'enfant) [109]</i>	<i>124</i>
<i>Tableau 7 : Temps passé (en min/J) à différents niveaux d'activité physique chez les enfants et adolescents diabétiques [121].....</i>	<i>134</i>

LISTE DES ANNEXES

<i>Annexe 1 : Brochure informative de dépistage du DT1.....</i>	<i>189</i>
<i>Annexe 2 : Ordonnance d'insulinothérapie par pompe externe programmable</i>	<i>191</i>
<i>Annexe 3 : Un prélèvement capillaire réussi et sans douleur (Fédération Française des Diabétiques).....</i>	<i>192</i>
<i>Annexe 4 : Caractéristiques des dispositifs de Mesure du Glucose en Continu (MGC) remboursés</i>	<i>193</i>
<i>Annexe 5 : Indices glycémiques des aliments</i>	<i>196</i>
<i>Annexe 6 : Conditions autorisant la pratique de la plongée subaquatique de loisir avec scaphandre par les jeunes diabétiques de type 1 insulino-dépendants mineurs de plus de 14 ans.....</i>	<i>198</i>
<i>Annexe 7 : Lettre d'information au jeune plongeur mineur diabétique de type 1 insulino-dépendant</i>	<i>199</i>
<i>Annexe 8 : Certificat de non contre-indication diabétologique à la pratique de la plongée subaquatique de loisir par un jeune diabétique de type 1 insulino-dépendant mineur de plus de 14 ans</i>	<i>200</i>
<i>Annexe 9 : Autorisation parentale de pratiquer la plongée subaquatique chez un mineur de plus de 14 ans</i>	<i>201</i>
<i>Annexe 10 : Projets d'Accueil Individualisé (Hôpital Robert Debré, Paris).....</i>	<i>202</i>
<i>Annexe 11 : Dépliant de la réunion nationale de l'AJD</i>	<i>205</i>

INTRODUCTION

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) définit le diabète comme « une maladie chronique qui survient lorsque le pancréas ne produit pas assez d'insuline ou lorsque l'organisme n'est pas capable d'utiliser efficacement l'insuline qu'il produit ». Ce mécanisme entraîne alors une élévation de la concentration en glucose dans le sang, appelée hyperglycémie [1].

Le diabète de type 1 (DT 1) se caractérise par une carence absolue en insuline alors que le diabète de type 2 (DT 2) résulte d'une utilisation inadéquate de cette hormone [1, 2]. Dans cette thèse, nous nous intéresserons uniquement au DT 1 (également connu sous le nom de diabète insulino-dépendant ou diabète juvénile) avec pour cible la population pédiatrique, considérant l'enfant et l'adolescent jusqu'à l'âge de 18 ans. Il s'agit de la maladie endocrinienne la plus fréquente dans la population pédiatrique et l'une des maladies chroniques les plus courantes chez l'enfant [3]. La majorité des diabètes infantiles sont de type 1 : ils représentent 10% des diabètes tous âges confondus mais plus de 95% des diabètes infantiles [4].

Depuis quelques années, l'incidence du DT 1 chez l'enfant est en nette augmentation. La maladie gagne du terrain et constitue un véritable problème de santé publique. Les raisons de cette progression restent à ce jour inexplicables mais de nombreuses hypothèses montrent du doigt l'environnement et les interactions avec le génome [5].

Le diagnostic d'un diabète entraîne de multiples bouleversements dans la vie d'un enfant. Son rythme de vie et ses routines quotidiennes sont brusquement modifiés. L'accompagnement de l'enfant et de ses proches par une équipe de santé pluridisciplinaire s'avère alors indispensable. L'Education Thérapeutique du Patient (ETP) accorde une place particulière au pharmacien d'officine, professionnel de santé de proximité.

La prise en charge du DT 1 repose sur des apports en insuline, hormone régulatrice de la glycémie. A l'heure actuelle, les enfants bénéficiant d'un traitement par insulinothérapie disposent d'une espérance de vie équivalente à la population générale [5]. Néanmoins, aucune alternative thérapeutique ne permet la guérison. La recherche se poursuit et il ne faut pas désespérer l'élaboration d'un remède miracle dans les années à venir.

PARTIE 1

INTRODUCTION GÉNÉRALE AU DIABETE DE TYPE 1 : EPIDEMIOLOGIE ET PHYSIOPATHOLOGIE DE LA MALADIE

I. PHYSIOPATHOLOGIE

A. Maladie auto-immune à médiation cellulaire et humorale

Le DT 1 est une pathologie auto-immune qui se caractérise par une carence absolue en insuline, hormone régulatrice de la glycémie. Cette carence est liée à une destruction sélective et irréversible des cellules bêta des îlots de Langerhans du pancréas, responsables de la production d'insuline.

1. **Insulinite pancréatique**

Le processus auto-immun responsable d'une « insulinite pancréatique » se déroule sur plusieurs années. De nombreux médiateurs de l'inflammation (lymphocytes B, lymphocytes T CD4 et T CD8, macrophages) génèrent un phénomène inflammatoire à l'origine de la destruction cellulaire [6].

La destruction des îlots pancréatiques est principalement liée à un mécanisme d'auto-immunité à médiation cellulaire, faisant intervenir les lymphocytes T [7]. L'immunité à médiation humorale s'active ensuite et aboutit à la formation d'auto-anticorps par les lymphocytes B. Ces auto-anticorps seront responsables de la destruction des auto-antigènes insuliniques [4].

2. **Modèle expérimental chez la souris**

Une défaillance du système immunitaire pourrait participer au développement du DT 1. En effet, des expériences chez l'animal montrent qu'il est possible de transmettre la maladie par transfert de lymphocytes T d'une souris malade à une souris saine (modèles animaux des souris NOD, *non-obese diabetic*) [6].

Outre cet argument expérimental, il existe également des preuves cliniques de cette auto-immunité. En effet, chez la plupart des enfants diagnostiqués diabétiques de type 1, la détection des auto-anticorps anti-îlots de Langerhans s'avère positive.

3. Auto-anticorps

La présence d'auto-anticorps traduit le caractère auto-immun du diabète. En effet, ces auto-anticorps sont retrouvés chez près de 80% des enfants diabétiques lors du diagnostic, bien que leur apparition s'opère sur plusieurs années.

Ils apparaissent rarement avant l'âge de 6 mois, mais sont généralement présents à la fin de la première année de vie de l'enfant. La majorité des enfants destinés à être diagnostiqués diabétiques de type 1 durant l'enfance présentent des anticorps anti-îlots à l'âge de 3 ans [4].

Parmi ces anticorps [4, 8], on retrouve :

- Les **anticorps ICA**, anti-îlots de Langerhans
- Les **anticorps anti GAD**, décarboxylase de l'acide glutamique (isoforme GAD-65) ; plutôt associés à une progression lente de la maladie s'ils sont les seuls anticorps détectés
- Les **anticorps anti IA2** (ou anti ICA-512), tyrosine phosphatase
- Les **anticorps IAA**, anti-insuline ; ce sont généralement les premiers anticorps à apparaître (lors des premiers mois de vie de l'enfant)
- Les **anticorps anti-ZnT8**, plus récemment mis en évidence et associés à une forme de maladie plus agressive

Chez les enfants de moins de 15 ans, les anticorps anti-insuline sont majoritairement mis en évidence ; à l'inverse des anticorps anti-GAD qui peuvent être présents à tout âge.

Dans 95% des cas, au moins un de ces anticorps est détectable lors du diagnostic chez l'enfant [8].

L'association des anticorps anti-GAD, anti-IA2 et anti-ZnT8 est la plus significative puisque ces anticorps ont été retrouvés chez presque 98% des patients diabétiques de type 1 lors du diagnostic [4].

B. Phases évolutives du DT1

Le DT 1 est caractérisé par différentes phases (Figure 1). Tout d'abord, une **phase de prédisposition génétique** : des événements *in utero* ou lors des premiers mois de vie de l'enfant peuvent survenir durant cette phase et perturber le développement normal des cellules bêta pancréatiques.

Ensuite, une **deuxième phase** peut survenir suite à l'apparition d'événements déclencheurs (ou au contraire, suite à l'absence d'exposition à des facteurs protecteurs). Cette phase peut être à l'origine du mécanisme auto-immun responsable de l'inflammation locale. Elle peut être plus ou moins longue puisque la perte des cellules bêta n'est pas linéaire ; la sécrétion d'insuline va diminuer progressivement jusqu'à l'épuisement total.

La troisième phase est une **phase clinique** : l'hyperglycémie apparaît lorsqu'il ne reste plus que 10 à 20 % de cellules bêta fonctionnelles [4].

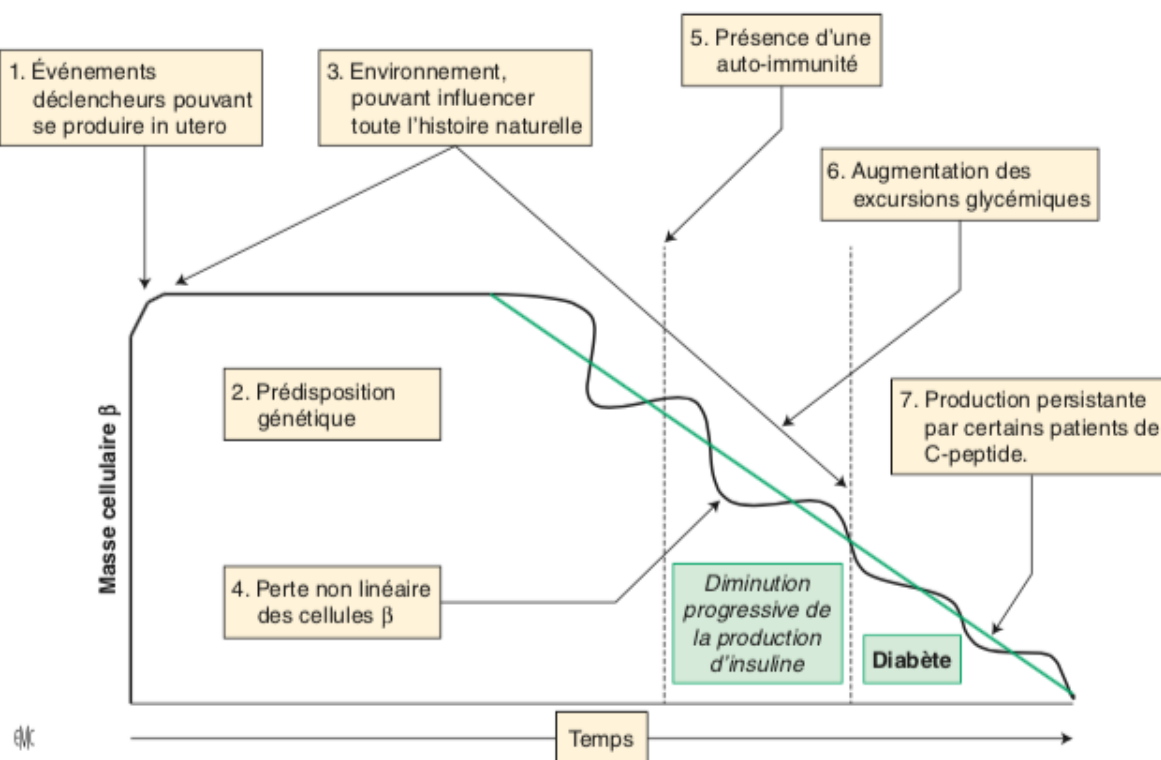


Figure 1 : Histoire naturelle du diabète de type 1 [4]

Le DT1 suit une évolution en quatre phases que nous allons détailler [2, 4] :

- La phase préclinique
- La phase clinique
- La phase de rémission partielle
- La phase de dépendance totale à l'insuline

1. Phase préclinique

La phase préclinique se met en place aux cours des mois et/ou années qui précèdent l'apparition de la maladie. C'est généralement au cours de cette longue période qu'il est possible de détecter les anticorps dirigés contre les cellules bêta des îlots de Langerhans du pancréas.

Actuellement, aucune thérapeutique ne permet d'interrompre la destruction des cellules bêta au stade préclinique. Des recherches sont en cours avec pour but de préserver le capital d'îlots encore « sains » le plus longtemps possible.

2. Phase clinique

La phase clinique débute lorsque les premiers symptômes de la maladie sont détectables.

Le syndrome cardinal est caractéristique et permet de poser les premières bases diagnostiques (polyurie, polydipsie, asthénie et amaigrissement). Des examens de biologie médicale permettront ensuite de confirmer le diagnostic de diabète afin d'initier rapidement le traitement par insulinothérapie et de prévenir l'apparition du phénomène acido-cétosique.

3. Phase de rémission partielle

La période de « *lune de miel* » est définie comme une période au cours de laquelle les besoins en insuline de l'enfant diminuent.

Elle est transitoire et débute quelques jours à quelques mois après la mise en place de l'insulinothérapie. Elle est de durée variable et s'étale généralement sur une période de 6 à 9 mois. Cette période est d'autant plus courte que l'enfant a été diagnostiqué jeune ou dans un contexte d'acidocétose inaugurale.

Au cours de cette période, l'organisme ne réclame plus d'insuline et les variations alimentaires ou comportementales ne sont plus à l'origine de fluctuations glycémiques importantes. Chez certains enfants, un arrêt momentané de l'insuline est même envisageable.

L'enfant et sa famille doivent être informés dès le départ du caractère éphémère de cette période. Il ne faut pas laisser penser qu'une guérison de la maladie est envisageable.

4. Dépendance chronique à l'insuline

Suite à cette période de rémission, la maladie refait surface. Les besoins en insuline se manifestent de façon brutale ou progressive, selon l'enfant. L'insulinothérapie devient alors le seul traitement du DT 1 de l'enfant. Aucun retour en arrière n'est possible.

II. EPIDEMIOLOGIE

L'enfant peut être touché par différents types de diabète mais dans plus de 90% des cas, les diabètes infantiles sont de type 1 [9]. Le DT 1 correspond ainsi à la deuxième maladie chronique la plus fréquente chez l'enfant d'âge scolaire [2, 10].

Depuis une vingtaine d'années, la prévalence du DT 1 ne cesse d'augmenter chez l'enfant (3 à 4% par an) [5, 9] ; contrairement au DT 2 qui apparaît plutôt chez l'adolescent en surpoids.

A. Au niveau mondial

1. **Prévalence**

De nombreuses études suggèrent une augmentation de l'incidence du DT 1 chez l'enfant dans le monde entier [9, 11, 12]. Un projet international du diabète de l'enfant a donc été mis en place dans les années 1990 par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) : il s'agit du projet *Diamond*. Son objectif était de surveiller, au niveau mondial, l'incidence du DT 1 chez les enfants de moins de 15 ans.

Parmi les résultats présentés, la prévalence du DT1 a été estimée à 15 cas pour 100 000 enfants âgés de moins de 15 ans en 1998 [11]. Les chiffres évoluent ensuite puisqu'en 2011, l'*International Diabetes Foundation* (IDF) estime qu'environ 490 000 enfants de moins de 15 ans sont diabétiques de type 1 [12].

La tendance ne s'affine pas puisqu'en 2013, 500 000 enfants âgés de moins de 15 ans étaient atteints de DT1 dans le monde [13].

2. **Incidence**

Concernant le nombre de nouveaux cas par an, il a été évalué en 1998 à 9,5 pour 100 000 enfants (soit l'équivalent de 1400 nouveaux cas par an) [11]. L'incidence de la maladie connaît ensuite un essor considérable puisque dix ans plus tard, en 2011, on estime à 77 800 le nombre de nouveaux cas de diabètes infantiles par an [12].

Entre 2013 et 2015, les données du Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire (BEH) et de l'*International Society of Pediatric and Adolescent Diabetes* (ISPAD) s'accordent à dire que la maladie est diagnostiquée chez près de 80 000 enfants chaque année dans le monde [9, 13].

Parmi les 500 000 enfants diabétiques dans le monde, 26% se répartissent en Europe contre 22% en Amérique du Nord, la région asiatique étant peu touchée. Les incidences les plus faibles sont retrouvées principalement en Chine et en Amérique du sud (< 1/100 000 enfant/an) [9].

Ces différentes études épidémiologiques s'accordent donc à dire que le nombre d'enfants diabétiques augmente chaque année dans pratiquement tous les pays du globe. Cette augmentation se situe moyennement entre 3 et 5% selon le pays concerné (3,2% en Europe). Elle est d'autant plus élevée que l'incidence initiale du diabète est faible [2].

L'augmentation d'incidence la plus élevée est généralement retrouvée dans la tranche d'âge 0 à 4 ans et sera plus modérée chez les 10 - 14 ans. Le nombre d'enfant de moins de 5 ans diabétiques a donc doublé en 30 ans dans de nombreux pays du monde entier [2, 11].

B. Au niveau européen

La fréquence du DT1 de l'enfant en Europe a été étudiée au niveau européen par le réseau *Eurodiab*, qui s'est intéressé aux nouveaux cas de DT 1 diagnostiqués chez l'enfant avant l'âge de 15 ans.

1. **Variations selon l'âge**

Le diabète n'est généralement pas diagnostiqué lors des deux premières années de vie de l'enfant. Son incidence s'accroît progressivement dès l'âge de 2 ans avec un pic lors de la puberté [11]. L'incidence augmente donc pendant l'enfance jusqu'à la puberté pour ensuite se stabiliser et rester constante à l'âge adulte.

L'incidence annuelle du DT 1 en Europe a augmenté de 3,9% chez les enfants de moins de 15 ans entre 1989 et 2003. Cette augmentation est principalement due à un accroissement de l'incidence chez le sujet jeune : 5,4 % entre 0 et 4 ans contre 4,3% entre 5 et 9 ans et 2,9% entre 10 et 14 ans [11, 12].

L'augmentation significative de l'incidence du DT 1 n'est donc pas liée à une augmentation globale de l'incidence mais à un début de la maladie plus précoce ; l'incidence étant plus élevée chez l'enfant de moins de 5 ans.

2. Variations géographiques

Il existe un gradient de fréquence Nord-Sud témoignant d'une fréquence beaucoup plus élevée dans les pays nordiques. Ce gradient Nord-Sud a été mis en évidence afin d'évaluer les influences, notamment environnementales, qu'un pays pouvait avoir sur le développement de la maladie. Les taux d'incidence sont généralement plus élevés dans le Nord et Nord-Ouest de l'Europe alors que des taux plus bas sont retrouvés en Europe Centrale, de l'Est et du Sud [12, 13].

L'incidence la plus élevée est retrouvée en Finlande (64/100 000 enfants/an), qui se place en première position d'incidence de la maladie au niveau mondial. Elle est suivie de près par la Sardaigne (pourtant localisée au sud de l'Europe) ([Figure 2](#)) [11].

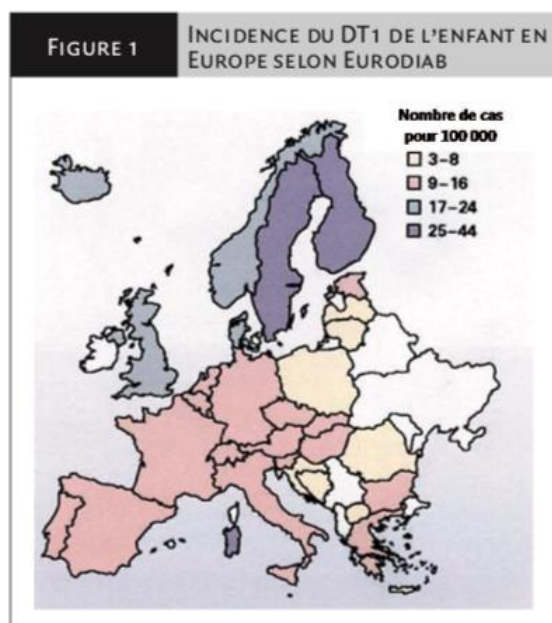


Figure 2 : Incidence du DT1 de l'enfant en Europe selon Eurodiab [11]

L'étude réalisée par *Eurodiab* confirme donc la grande disparité géographique de l'incidence du DT 1 de l'enfant en Europe. Cette variabilité est également corrélée à la fréquence des gènes de susceptibilité HLA (*Human Leukocyte Antigen*) dans la population générale (partie abordée dans le premier paragraphe I. Physiopathologie).

3. Variations selon le caractère saisonnier

Le diagnostic du DT 1 est plus fréquent en hiver et au début du printemps [11]. En effet, les infections virales de l'enfant peuvent entraîner une stimulation du système immunitaire et accélérer le processus de destruction des cellules bêta des îlots de Langerhans.

Un pic d'incidence est retrouvé lors de la période hivernale ; et celui-ci est d'autant plus élevé qu'il existe une différence de température importante entre les périodes hivernale et estivale. La saisonnalité a donc un impact dans le diagnostic de la maladie.

C. Au niveau national

1. Prévalence et incidence en France

En France, au moins 10 000 enfants de moins de 15 ans sont atteints de DT 1 [9]. L'incidence actuelle du DT 1 en France métropolitaine se situe autour de 15 enfants sur 100 000 par an [9, 13].

L'étude à l'échelle territoriale a été effectuée dans quatre régions françaises (Aquitaine, Lorraine, Haute et Basse Normandie) dont les caractéristiques géographiques, démographiques et climatiques sont différentes et variées afin de représenter au mieux le territoire français. L'objectif du registre était d'étudier les nouveaux cas de DT 1 survenant avant l'âge de 20 ans. Les résultats des taux d'incidence de cette étude ont été standardisés selon l'âge et le sexe [11].

2. Variations selon l'âge et le sexe

On estime que le DT 1 touche 7,41 enfants (âgés de 0 à 20 ans) pour 100 000 par an en 1989 et 9,58 en 1998 : l'incidence du DT1 en France a donc augmenté de 3,7% entre 1989 et 1998 [11].

Cette augmentation est principalement due à un accroissement de l'incidence chez le sujet jeune, comme constaté aux niveaux mondial et européen : 4,8% entre 0 et 4 ans contre 3,7% entre 5 et 9 ans et 2,1% entre 10 et 14 ans [11, 12].

Le diagnostic de DT 1 chez l'enfant se fait majoritairement entre 10 et 14 ans en France : 42% versus 36% entre 5 et 9 ans et 22% entre 6 mois et 4 ans (Tableau 1) [13].

Nombre d'enfants nouvellement diagnostiqués diabétiques de type 1 en France sur la période 2013-2015, par classe d'âge

	Garçons	Filles	Total
6 mois-4 ans	748 (22%)	668 (22%)	1 416 (22%)
5-9 ans	1 168 (34%)	1 124 (37%)	2 292 (36%)
10-14 ans	1 495 (44%)	1 221 (41%)	2 716 (42%)
Total	3 411 (100%)	3 013 (100%)	6 424 (100%)

Tableau 1 : Nombre d'enfants nouvellement diagnostiqués diabétiques de type 1 en France sur la période 2013-2015, par classe d'âge [13]

Entre 2013 et 2015, 6424 enfants ont été nouvellement diagnostiqués diabétiques de type 1 (3411 garçons et 3013 filles). Sur cette période, le taux d'incidence en France était de 18 enfants pour 100 000 personnes-années.

Cette incidence augmente avec l'âge chez les garçons comme chez les filles mais est légèrement plus élevée chez l'enfant de sexe masculin. [13] (Figure 3).

Figure 2

Taux d'incidence du diabète de type 1 par sexe et classe d'âge. France, 2013-2015

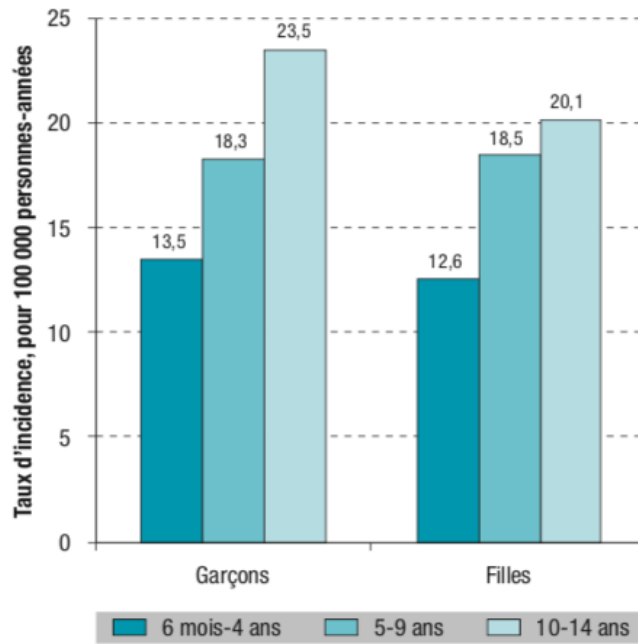


Figure 3 : Taux d'incidence du diabète de type 1 par sexe et classe d'âge ; France, 2013-2015 (BEH) [13]

3. Variations géographiques

Une étude réalisée en région Aquitaine (sur une période de 17 ans) montre que l'incidence du DT 1 de l'enfant progresse de 3,34% par an. Cette progression touche majoritairement la tranche d'âge 0-4 ans, chez qui l'incidence s'élève à 7,59% par an [14].

Il est également intéressant de noter que l'incidence est variable selon les régions. Elle est plus élevée en Corse, Provence-Alpes-Côte d'Azur et Hauts-de-France (19,7 personnes années) ; alors que des taux d'incidence plus bas sont retrouvés dans les régions d'Outre-mer [13] (Figure 4).

Taux d'incidence du diabète de type 1 en France (hors Mayotte) chez les enfants, par région, 2013–2015

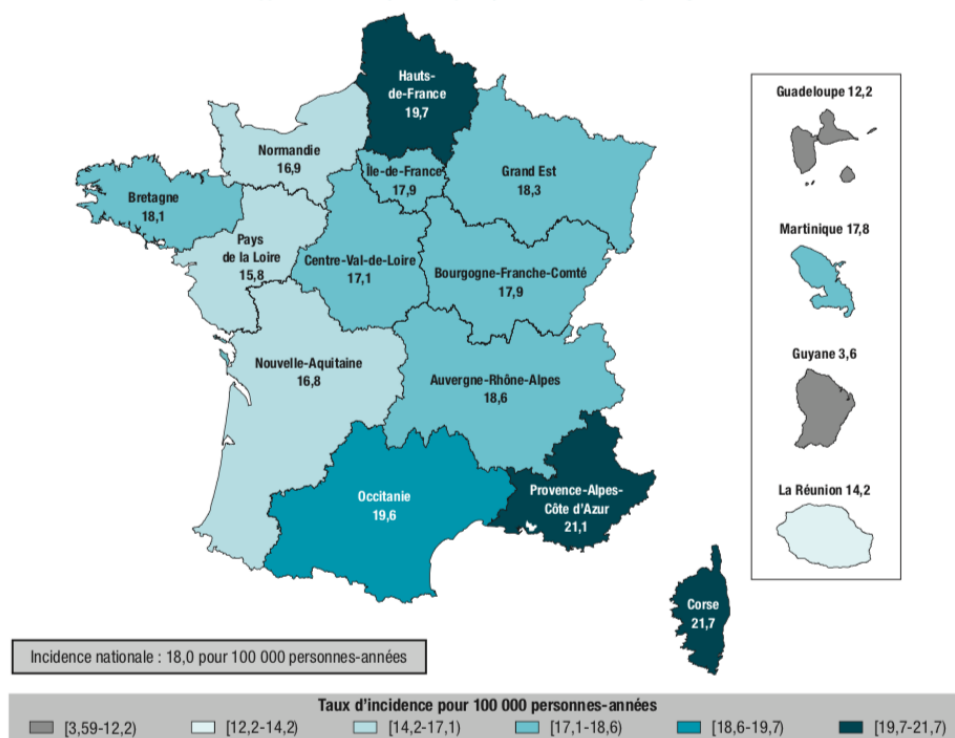


Figure 4 : Taux d'incidence du diabète de type 1 en France (hors Mayotte) chez les enfants, par région, 2013-2015 (BEH) [13]

D. A l'avenir

Nous pouvons donc affirmer que le DT 1 est actuellement l'une des pathologies chroniques les plus fréquentes dans la population pédiatrique. Un rajeunissement de l'âge d'apparition du diabète est constaté, la maladie étant diagnostiquée de plus en plus tôt chez l'enfant.

L'augmentation franche du nombre d'enfants diabétiques présage de se poursuivre au cours de la prochaine décennie. En Europe, le nombre de nouveaux cas est estimé à 25 000 en 2020 ; et le nombre total d'enfants de moins de 15 ans ayant un diabète est quant à lui évalué à 160 000 [2].

Ces données épidémiologiques inquiètent et nécessitent donc la mise en place d'actions préventives. Les services de pédiatrie doivent s'adapter et faire face à l'accueil d'enfants diabétiques de plus en plus jeunes.

III. ETIOLOGIES

L'étiologie de la maladie n'est pas encore élucidée. Les causes étant multiples, la maladie apparaît suite à de nombreux événements immunologiques, chez des sujets déjà prédisposés [4].

La majorité des DT 1 apparaissent suite à de multiples interactions entre les gènes et l'environnement. De nombreuses études s'intéressent aux facteurs environnementaux associés au développement du diabète. Certains facteurs ont été pointés du doigt comme les infections à entérovirus, l'âge maternel, le mode d'accouchement, l'existence d'une pré-éclampsie, l'âge gestationnel ou encore l'augmentation du poids de naissance [12].

A. Facteurs environnementaux

L'augmentation fulgurante de l'incidence du DT 1 chez l'enfant ces dernières années suggère l'implication de facteurs environnementaux dans le développement de la maladie.

Les facteurs environnementaux ont un impact majeur chez les sujets prédisposés. Les premières années de vie de l'enfant sont ciblées puisqu'à cet âge, le développement et la maturation du système immunitaire ne sont pas optimaux. Le contact précoce avec des antigènes environnementaux peut alors faciliter le développement d'anticorps, à l'origine de maladies auto-immunes.

Des facteurs infectieux et alimentaires ont donc été étudiés afin de comprendre les mécanismes concourant à une augmentation de l'incidence du DT 1 lors de l'enfance.

1. Les infections

Parmi les facteurs environnementaux, les infections virales peuvent jouer un rôle dans l'apparition, le maintien et/ou l'exacerbation de nombreux désordres métaboliques observés dans le DT 1.

Depuis plusieurs années, la saisonnalité d'apparition du diabète tend à suspecter un éventuel lien de causalité entre l'apparition de la maladie et les infections virales. En effet, le diagnostic est souvent effectué lors de la période hivernale chez les enfants tout sexe et âge confondus [11].

De nombreux virus sont incriminés dans le développement de la maladie chez une population pédiatrique déjà prédisposée : on retrouve notamment les virus de la *rougeole*, *rubéole* ainsi que le *Coxsackie virus*, qui fait actuellement l'objet de nombreuses études [15].

Des infections à Entérovirus, mettant en jeu notamment le *Coxsackie B virus*, pendant la période périnatale ont été associées à la saisonnalité de découverte du diabète [11]. De même, les infections virales et respiratoires qui surviennent lors de la première année de vie de l'enfant augmentent les risques de séroconversion anti-îlots [4].

Une infection récente à Entérovirus peut possiblement entraîner le développement d'un DT 1 chez des enfants déjà prédisposés génétiquement (HLA DR3 et DR4). L'infection ne serait donc pas responsable du mécanisme d'auto-immunité mais favoriserait la progression de la maladie [16].

Par ailleurs, l'association entre rubéole congénitale et DT 1 tend également à prouver une probable association entre infections virales et développement de la maladie.

La fréquence des infections virales a diminué durant les dernières décennies. Cette diminution est associée à une réduction des mécanismes de défenses infantiles contre les virus, dont le développement sera plus propice au niveau du pancréas [2].

Des essais cliniques de prévention sont prévus courant 2021 afin d'observer l'impact d'éventuels vaccins antiviraux sur le développement de la maladie. Ce fait a été énoncé lors de la Réunion Nationale de l'association « Aide aux Jeunes Diabétiques », le 17 Novembre 2019 à la Cité des Sciences de Paris.

2. L'alimentation

Plusieurs études suggèrent que l'introduction précoce de produits laitiers dans l'alimentation infantile est associée à une augmentation du risque de développer un DT 1 chez l'enfant.

Chez des enfants déjà prédisposés génétiquement, les protéines de lait de vache pourraient constituer un facteur de risque supplémentaire au développement de la maladie. Toutefois, les résultats présentés sont différents selon les pays et ne permettent pas d'affirmer une relation de cause à effet [11, 12].

D'autres études affirment que l'introduction prématurée de céréales chez l'enfant de moins de 4 mois pourrait être à l'origine d'une accélération du processus de destruction des cellules bêta. De même, l'introduction précoce de fruits ou encore de gluten sont décrits comme facteurs de risque au développement du DT 1 [11, 12].

Une grande majorité de ces études sont réalisées en Finlande, pays à forte incidence de DT 1 chez l'enfant. Il faudrait donc pouvoir les extrapoler à la France pour conclure quant au rôle de l'alimentation dans le diagnostic.

Enfin, certaines études suggèrent qu'une exposition précoce aux probiotiques diminue le risque de DT 1 chez les enfants génétiquement prédisposés [4].

3. Relation entre diabète et vitamine D

Plusieurs études se sont intéressées à l'association entre l'incidence du DT 1 et le statut vitaminique de l'enfant et de la femme enceinte. Une méta-analyse a confirmé qu'une supplémentation en vitamine D pouvait avoir un effet protecteur sur le développement du DT 1 lors de l'enfance [11, 17].

La plus forte incidence de la maladie dans les pays à faible exposition solaire suggère également qu'une carence en vitamine D peut favoriser l'apparition d'un diabète [12].

La fréquence du DT 1 étant plus élevée lors de la période hivernale, une moindre exposition au soleil et donc une plus faible synthèse de vitamine D par l'organisme pourrait participer à l'apparition de la maladie. En effet, la vitamine D possède des propriétés immuno-modulatrices pouvant potentiellement agir sur le caractère auto-immun de la maladie [17].

Bien que certaines études randomisées prouvent l'intérêt d'une supplémentation vitaminique importante lors de la première année de vie de l'enfant sur l'incidence du DT 1, il n'est pas possible de conclure que celle-ci prévienne l'apparition de la maladie. En effet, des études réalisées chez l'enfant et l'adolescent (dont le diagnostic de diabète est récent), montrent que l'administration de vitamine D a un effet certes favorable mais insuffisant dans la progression de la maladie.

Récemment, des dosages de 25-Hydroxy-Vitamine D et de sa protéine porteuse ont été réalisés chez la femme enceinte (en milieu de grossesse et à l'accouchement) et dans le sang du cordon ombilical à la naissance. Leur analyse montre que des taux de protéine porteuse plus élevés chez la mère à l'accouchement sont associés à un plus faible risque de développer la maladie chez l'enfant [18].

Ces données récentes suggèrent donc bien qu'il existe un lien entre le statut vitaminique de l'enfant à la naissance, celui de sa mère pendant la grossesse et à l'accouchement et le risque de développer un DT1.

B. Facteurs génétiques

Le DT 1 est une maladie polygénique. Il existe une prédisposition génétique à la maladie même si dans la majorité des cas, l'enfant ne présente pas d'antécédents familiaux de DT 1. On estime que seulement 10 à 20% des diabétiques présentent un apparenté diabétique [4].

Les apparentés au premier degré d'un patient diabétique présentent tout de même un risque plus accru de développer la maladie (frère, sœur, enfant, parent) par rapport à la population générale.

Le risque de diabète chez un jumeau homozygote varie entre 27 et 36%, alors qu'il n'est que de 4% dans la fratrie jusqu'à l'âge de 20 ans. Il augmente lorsque l'enfant diabétique a été diagnostiqué très tôt pendant l'enfance [12].

Les principaux gènes de prédisposition appartiennent au CMH (Complexe Majeur d'Histocompatibilité) de classe 2 (ou HLA en anglais). Il s'agit des HLA -DR3, -DR4, -DQB1*0201 et DQB1*0302. Les haplotypes HLA DR3 et DR4 sont présents chez 90% des diabétiques de type 1 [4, 12]. Le risque maximal est lié à la présence des HLA DR3-DQ2 et HLD DR4-DQ8. Dans la population pédiatrique, 5% des enfants présentant ce génotype développeront un DT1 (contre 0,4% dans la population générale). Il existe aussi des gènes protecteurs face au développement de la maladie, notamment l'association des haplotypes HLA DR15-DQ6 [4].

D'autres gènes sont également impliqués dans le développement de la maladie ; comme le gène de l'insuline, le gène codant la molécule CTLA-4 (impliquée dans le phénomène d'immunomodulation des lymphocytes T) ou celui codant la molécule PTP-N22 (qui code pour une tyrosine phosphatase qui module l'activité du récepteur aux lymphocytes T) [19].

C. Théorie hygiéniste

1. **Contact microbien précoce**

Grâce aux progrès de la science (antibiothérapie, vaccination) et à l'amélioration des conditions d'hygiène, le nombre de maladies infectieuses a considérablement diminué depuis la dernière décennie. Pourtant, l'incidence des maladies auto-immunes, et notamment celle du DT 1, ne fait qu'augmenter. Cette constatation laisse à penser que les infections ont un effet protecteur contre les maladies à composante immunitaire [2].

Une diminution de l'exposition aux micro-organismes lors de l'enfance favorise la réponse auto-immune et allergique en déstabilisant le système immunitaire [12]. Un contact précoce avec des antigènes microbiens pourrait donc prévenir la survenue du DT 1 pendant l'enfance.

Pourtant, une relation de cause à effet a été reconnue entre les infections virales de l'enfance et l'apparition et/ou l'exacerbation de pathologies auto-immunes, dont le diabète [15, 16].

Il faut donc nuancer cette information et comprendre la nécessité de protéger l'enfant contre certaines infections virales grâce aux différents moyens de prévention disponibles ; sans pour autant le faire vivre dans un environnement trop aseptisé. Les recommandations actuelles préconisent un contact microbien lors des premières années de vie afin de stimuler les défenses immunitaires.

2. Vaccination

Depuis quelques années, se pose la question de l'implication de la vaccination dans l'apparition des maladies auto-immunes. Le groupe *Eurodiab* s'est intéressé à la relation de cause à effet entre la vaccination pédiatrique et l'augmentation de l'incidence du DT1 [11].

Les résultats de l'étude ne confèrent aucun lien entre le DT 1 et les souches vaccinales dirigées contre la tuberculose, la poliomyélite, le tétanos, la diphtérie, la coqueluche, la rubéole, la rougeole, les oreillons, l'*Haemophilus influenzae*, la varicelle et l'hépatite B. Aucun lien n'a donc été véritablement démontré entre l'apparition de la maladie et une quelconque vaccination.

A l'heure actuelle, il n'existe aucun traitement préventif pour limiter l'apparition de la maladie. La possibilité de vacciner les populations pédiatriques contre les infections virales à Coxsackie ou Entérovirus pourrait mettre un point d'honneur à la prévention du DT 1. Cette étiologie virale est d'ailleurs prise en compte dans de nombreux essais cliniques pédiatriques prévus pour 2021.

PARTIE 2

DIAGNOSTIC DE LA MALADIE ET
PRISE EN CHARGE
MÉDICAMENTEUSE

I. DIAGNOSTIC

A. Diagnostic clinique

Un DT 1 peut être diagnostiqué à tout âge. Pourtant, cette maladie survient généralement chez les jeunes enfants, avant l'âge de 5 ans. Quand le pancréas endocrine ne fonctionne plus, on observe [20] :

- Une hyperglycémie : le taux de glucose sanguin s'élève et peut atteindre 3 à 4 g/L
- Une glucosurie : la présence de sucre dans les urines peut atteindre 10 à 100 g par jour alors qu'elle est normalement absente dans des conditions normales
- Une polydipsie : soif intense
- Une polyurie : augmentation du volume urinaire
- Une polyphagie : faim intense
- Un amaigrissement
- Une cétonémie et cétonurie qui correspondent respectivement à la présence de corps cétoniques dans le sang et les urines liée à une dégradation excessive de graisses

Les signes cliniques du DT 1 chez l'enfant sont les mêmes que chez l'adulte, mais évoluent plus rapidement.

Dans 97% des cas, la maladie se révèle par un syndrome polyuro-polydypsique qui peut se traduire par une énurésie nocturne avec des levers fréquents chez l'adolescent, des pipis au lit chez l'enfant ou des couches qui débordent chez le nourrisson. Ce syndrome apparaît suite à une hyperglycémie assez franche [21].

Dans 65 à 70% des cas, le diabète est diagnostiqué devant un syndrome cardinal témoignant d'une carence en insuline. Parmi les signes cardinaux du diabète, on retrouve principalement la triade polyurie, polydipsie, amaigrissement. A ces signes s'ajoutent une asthénie importante et une perte de poids malgré une polyphagie [4, 21].

Dans 10 à 70 % des cas, le diabète est diagnostiqué au stade de l'acidocétose. L'enfant présente alors des signes de gravité avec une altération de l'état général, des signes de déshydratation, une polypnée et des douleurs abdominales.

L'acidocétose apparaît généralement quatre semaines après les premiers signes de la maladie. Chez l'adulte, ce mode d'entrée dans la maladie est moins fréquent puisque l'insulino-sécrétion résiduelle est plus importante par rapport à l'enfant [22].

B. Diagnostic biologique

La glycémie correspond à la concentration de glucose dans le sang. A jeun, la valeur de glycémie normale doit être strictement inférieure à 1,10 g/L.

L'hypoglycémie correspond à une diminution du taux de glucose dans le sang. On parlera d'hypoglycémie en dessous de 0,6 g/L. A l'inverse, l'hyperglycémie correspond à une augmentation du taux de glucose dans le sang. On parlera d'hyperglycémie au-delà de 1,10 g/L ; elle sera qualifiée « d'hyperglycémie modérée » si la valeur de glycémie à jeun est supérieure à 1,10 g/L mais inférieure à 1,26 g/L.

La glycémie peut être donnée en plusieurs unités ; ainsi 1g/L (ou 100 mg/dL) équivaut à 5,56 mmol/L (ou mM).

1. **Recommandations de l'OMS**

Le diabète se définit par un état d'hyperglycémie chronique. D'après les recommandations de l'OMS, le diagnostic du diabète peut être effectué selon trois critères biologiques [8], chez l'adulte comme chez l'enfant :

- Une glycémie à jeun supérieure ou égale à 126 mg/dL (7 mmol/L) vérifiée à deux reprises
- Une glycémie supérieure à 200 mg/dL (11,10 mmol/L) quel que soit le moment de la journée, associée à la présence des symptômes classiques du diabète (polyurie, polydipsie, amaigrissement)

- Une hyperglycémie provoquée par voie orale : glycémie supérieure ou égale à 200 mg/dL (11,10 mmol/L) 2 h après une charge orale de 1,75 g de glucose par kg de poids corporel ; réalisée uniquement si le diabète ne peut être diagnostiqué par les deux premiers critères [23].

Ces valeurs diagnostiques sont reprises dans le Tableau 2 et figurent dans le « Rapport Mondial sur le diabète » élaboré par l’OMS en 2016 (suite aux recommandations de 2006) [24].

Méthodes	Glycémie plasmatique
Dosage à jeun	≥ 7 mmol/L (126 mg/dL)
HGPO à 2h (1,75 g/kg chez l’enfant)	≥ 11,10 mmol/L (200 mg/dL)

Tableau 2 : Critères de diagnostic du diabète et de l’hyperglycémie intermédiaire actuellement recommandés par l’OMS (2006) [25]

2. Méthodes diagnostiques

Le diagnostic de la maladie peut être effectué en ville par une mesure de glycémie capillaire ou par la recherche d’une glucosurie sur bandelette urinaire. Si ces tests s’avèrent positifs, l’enfant doit immédiatement être hospitalisé pour confirmer le diagnostic de diabète.

Le diagnostic repose sur une glucosurie (taux de glucose dans les urines, normalement négatif chez un individu sain) et cétonurie (taux de corps cétoniques dans les urines). La présence d’une glucosurie et d’une cétonurie impose une hospitalisation en urgence afin de contrecarrer l’insulinopénie.

Il est confirmé par un dosage de la glycémie (taux de glucose dans le sang), généralement à des taux élevés et dépassant les 200 mg/dL. Un dosage de l'hémoglobine glyquée (HbA_{1c}) peut être réalisé en parallèle afin d'évaluer le degré d'hyperglycémie.

Un dosage des anticorps est obligatoirement effectué afin d'affirmer le caractère auto-immun de la maladie. Parmi les anticorps impliqués dans le développement de la maladie, on retrouve les anticorps ICA (anti-îlots de Langerhans), anti GAD (décarboxylase de l'acide glutamique), IA2 (tyrosine phosphatase) et IAA (anti insuline).

A posteriori, une exploration des anomalies lipidiques (EAL) sera réalisée afin de contrôler les taux de cholestérol et de triglycérides (TAG) sanguins. Le dosage du peptide C permettra également d'apprécier la sécrétion insulinaire résiduelle chez l'enfant [2, 8, 26].

C. Maladies associées

Le DT 1, associé à la destruction des cellules bêta du pancréas par le système immunitaire, est facilement associé à d'autres pathologies auto-immunes spécifiques d'organes. Cette association peut notamment survenir dans un contexte de syndrome auto-immun pluri glandulaire [27].

Une étude américaine de 2016 relate que 20% des patients âgés de moins de 6 ans développent une autre maladie auto-immune (sur une cohorte de 25 000 patients diabétiques de type 1 tous âges confondus) [28].

Le dépistage des maladies auto-immunes associées au diabète s'effectue par la recherche d'auto-anticorps spécifiques de différents organes cibles (thyroïde, intestin). En cas de positivité, d'autres investigations devront être réalisées avant de poser un diagnostic de certitude.

1. Dépistage de la thyroïdite

Il repose sur la recherche d'anticorps anti-thyroperoxydase (anti-TPO) lors du diagnostic du diabète et sur le dosage de la thyrostimuline humaine (TSH). Un dosage annuel de la TSH sera également effectué afin de vérifier l'intégrité de la fonction thyroïdienne [27].

2. Dépistage de la maladie cœliaque

Lors du diagnostic de DT 1, il faut écarter l'association à une maladie cœliaque par la recherche des anticorps transglutaminases, spécifiques de la maladie. Le diagnostic peut également être posé face à des signes cliniques de la maladie (diarrhées, douleurs abdominales, baisse de besoins en insuline, carence martiale, etc) [27].

3. Autres dépistages

Dans un contexte de DT1, il est possible d'envisager le dépistage d'autres pathologies comme la gastrite auto-immune (plutôt effectué chez l'adulte) et la maladie d'Addison (relativement rare).

D. Dépistage du DT 1



Figure 5 : Etude européenne Innodia [29]

L'étude Innodia (Figure 5) permet le dépistage et l'évaluation du risque de DT 1 chez l'entourage d'un patient diabétique. La brochure informative est disponible en Annexe n° 1.

Dans le cadre de cette thèse, il peut être intéressant d'encourager le dépistage de la fratrie de l'enfant diabétique afin de rassurer les parents et d'anticiper un éventuel diagnostic plus tardif.

Le risque de développer un diabète est évalué par l'intermédiaire de deux critères majoritaires :

- Le système immunitaire puisqu'il existe un risque génétique lié aux gènes du système HLA (détaillé dans la partie 1, III. Etiologies, B. Facteurs génétiques)
- La présence d'auto-anticorps dirigés contre les cellules bêta des îlots de Langerhans liée au risque auto-immun (détaillé dans la partie 1, I. Physiopathologie, B. Maladie auto-immune à médiation cellulaire et humorale, 3. Auto-anticorps) : il s'agit des anticorps GAD65, IA-2A, IAA et ZnT8A

Ce dépistage permet d'anticiper un éventuel diagnostic de DT 1 et ainsi de préserver un pool de cellules bêta fonctionnel le plus longtemps possible afin de promouvoir la sécrétion résiduelle d'insuline. Un dépistage précoce permet également de limiter le risque de complications à plus ou moins long terme (acidocétose au moment du diagnostic versus complications chroniques).

Il s'agit d'une étude européenne multicentrique impliquant divers centres de recherche clinique à travers l'Europe. L'objectif principal de l'étude est de prédire et évaluer la progression du DT 1 dans une cohorte de 2 500 participants (de 1 à 45 ans) diabétiques de type 1 ou membres au 1^{er} degré de la famille d'un patient diabétique (entourage proche). Le protocole consiste à mesurer de façon régulière les taux de peptides C et à analyser des échantillons biologiques afin de détecter d'éventuels marqueurs immunitaires, viraux ou biologiques [30].

L'étude est actuellement en cours de recrutement. L'observationnel est prévu pour une durée de 2 ans. La publication d'éventuels résultats peut ainsi être espérée pour la fin de l'année 2022.

La recherche sur le DT 1 contribue à promouvoir d'éventuels essais cliniques préventifs visant à réduire la destruction des cellules bêta pancréatiques pour espérer de probables alternatives thérapeutiques à l'insuline [29, 31].

II. TRAITEMENTS MÉDICAMENTEUX

A. Généralités

1. **Evolutions majeures dans l'histoire du DT 1**

Quatre événements majeurs ont marqué l'histoire du DT 1 :

- La découverte de l'insuline en 1921
- La surveillance de l'efficacité du traitement par la mesure de l'hémoglobine glyquée et l'autosurveillance glycémique
- Les méthodes de mesure du glucose interstitiel en continu
- Et enfin, le capteur FreeStyle Libre

2. **Initiation du traitement**

L'objectif principal du traitement est de limiter la survenue à long terme de complications inhérentes à la maladie ; mais aussi de permettre à l'enfant de retrouver une vie « normale » malgré la chronicité de la maladie et ses contraintes pluriquotidiennes. Ainsi, le traitement médicamenteux doit être initié le plus rapidement possible.

L'équipe médicale doit veiller à ce que l'équilibre glycémique de l'enfant soit optimal dans un délai raisonnable. Le but du traitement n'étant pas de normaliser toutes les valeurs glycémiques de l'enfant mais plutôt de maintenir un niveau glycémique moyen correct afin de limiter l'apparition de complications à long terme [32].

Quel que soit l'âge de l'enfant, le but de l'insulinothérapie est de palier à l'absence de sécrétion insulinique physiologique [33].

L'initiation du traitement par insulinothérapie nécessite dans la grande majorité des cas une prise en charge hospitalière de l'enfant. Cette prise en charge doit être rapide puisqu'une hyperglycémie prolongée est reconnue comme ayant des effets délétères sur les cellules bêta pancréatiques. Une normalisation efficace et rapide de la glycémie permettra ainsi au pancréas une reprise partielle de la sécrétion insulinique [19].

L'annonce du diabète entraîne également de nombreux bouleversements psychologiques dans la vie d'un enfant. Les équipes médicales et paramédicales doivent participer activement à l'accompagnement des familles ainsi qu'à leur formation. Une prise en charge psychologique va donc accompagner la prise en charge médicamenteuse.

B. Insulinothérapie

1. De 1921 à aujourd'hui

La découverte de l'insuline par *Banting et Best* en 1921, marque un temps fort dans l'histoire de la diabétologie : « *Avant la découverte de l'insuline, les personnes diabétiques étaient condamnées à mourir* » [34, 35].

En 1922, la première injection d'insuline à l'Homme permet de sauver la vie d'un jeune adolescent âgé de 14 ans. Dans un état clinique préoccupant, *Léonard Thompson* bénéficie à l'époque d'injections d'extraits pancréatiques purifiés, capables de faire baisser sa glycémie et glucosurie [36].

Dans les années 1980, les premières insulines humaines sont produites par génie génétique (à partir d'insuline de porc). Il faudra attendre la fin des années 1990, pour voir apparaître en France les analogues de l'insuline, dont le profil pharmacocinétique tend à se rapprocher de la physiologie classique. Leur apparition signe le début d'une nouvelle aventure, notamment dans la population pédiatrique.

2. Fonctionnalités de l'insuline

L'insuline est un polypeptide physiologique constitué de deux chaînes d'acides aminés (A et B), reliées par des ponts disulfures [37]. Cette hormone est synthétisée par le pancréas endocrine.

Elle joue un rôle primordial dans le métabolisme des glucides puisqu'elle a pour objectif de diminuer les taux de glucose sanguin. C'est donc une hormone hypoglycémisante, dont les propriétés permettent un abaissement du seuil glycémique.

Dans le diabète, l'insuline agit sur le métabolisme glucidique en stimulant le stockage de glucose sous forme de glycogène : ce phénomène est appelé la glycogénogenèse. Le glucose pénètre alors dans les cellules hépatiques, musculaires et adipeuses, ce qui diminue sa concentration sanguine [20].

A l'inverse, elle inhibe les phénomènes de glycogénolyse et néoglucogenèse afin de conserver les réserves de glucose.

3. Principe de l'insulinothérapie

L'insulinothérapie est la pierre angulaire du traitement du DT 1, que ce soit chez l'adulte ou l'enfant. Un diabétique de type 1 ne peut pas vivre sans insuline.

Le traitement par insulinothérapie conventionnelle comprend une insuline dite « basale » qui permet de couvrir les besoins insuliniques sur une période de 24 h et de maintenir une glycémie stable en l'absence d'alimentation. Cette insuline pour « vivre » est apportée grâce aux analogues à action longue. Lors des repas, de l'insuline sous forme d'analogues rapides est utilisée afin de couvrir les besoins liés à la quantité de glucides ingérés. Il s'agit de l'insuline pour « manger ».

Les doses d'insuline sont déterminées individuellement et propres à chaque enfant. Elles sont adaptées selon la valeur de l'hémoglobine glyquée et les résultats de l'Autosurveillance Glycémique (ASG) et varient en fonction [33] :

- De l'âge
- Du poids
- Du stade pubertaire, avec nécessité parfois d'augmenter les doses à l'adolescence
- Des habitudes de vie : rythme alimentaire, pratique d'une activité physique
- De l'ancienneté du diabète : les objectifs ne seront pas les mêmes chez un enfant dont le diagnostic est très récent

Des doses dites de « correction » peuvent être effectuées à tout moment de la journée, lorsque la glycémie de l'enfant est trop élevée. Il s'agit de l'insuline pour « se soigner ». Ces doses sont généralement calculées par l'équipe soignante lors de l'hospitalisation inaugurale. Elle prennent en compte les besoins de l'enfant et les valeurs de glycémies mesurées [10].

4. Insulines disponibles en 2019 / 2020

Chez un individu sain, l'insuline physiologique est instantanément libérée dans le flux sanguin afin d'exercer son effet hypoglycémiant. En revanche, chez un individu diabétique, l'insuline étant exogène, elle met plus de temps à rejoindre le flux sanguin et donc à exercer son effet thérapeutique.

Les différents types d'insuline actuellement sur le marché sont tous produits par génie génétique et se distinguent selon leur durée d'action. Il existe deux grands types d'insuline : les insulines humaines et les analogues de l'insuline.

En pédiatrie, les insulines les plus utilisées sont les analogues rapides, les insulines d'action dite intermédiaire et les analogues lents de l'insuline [33].

Le tableau 3 présente :

- Les différents types d'insuline utilisées dans la population pédiatrique
- Le délai d'action : temps nécessaire à l'apparition de l'effet recherché
- Le pic d'action : moment où l'effet recherché atteint son maximum
- Et enfin, la durée de l'action : temps pendant lequel l'effet recherché est présent

Type d'insuline	Début d'action	Pic d'action (h)	Durée d'action (h)
Analogues rapides (aspart, lispro, glulisine)	10 à 20 minutes	1-3	3-5
Insulines humaines biogénétiques	30 à 60 minutes	2-4	5-8
Insulines intermédiaires (NPH)	2 à 4h	4-8	12-16
Insuline de longue durée d'action			
Glargine	2 à 4h	Pas de pic	20-24
Détémir	1 à 2h	6	12-20

Tableau 3 : Profil d'action des insulines les plus utilisées chez l'enfant et l'adolescent [33, 38]

a) Les analogues de l'insuline

L'apparition des analogues de l'insuline a bouleversé les modalités de prise en charge du DT 1 en pédiatrie puisque leur utilisation a permis de se rapprocher de la sécrétion physiologique d'insuline. Ils ont une durée d'action qui sera modulée par des modifications structurelles (changement d'acides aminés) et/ou l'ajout d'excipient (protamine, zinc) afin d'accélérer ou au contraire de retarder la libération d'insuline dans la circulation sanguine.

L'insuline *in vitro* s'agglomère sous forme d'hexamères, transformés ensuite en dimères puis monomères absorbables par l'organisme. Dans le cas des analogues rapides, il n'y a pas d'agglomération possible, ce qui facilite l'absorption rapide du polypeptide. Les analogues lents vont au contraire subir des modifications qui vont stabiliser la formation d'hexamères et donc augmenter leur délai d'action [26, 31].

(1) Les insulines humaines biogénétiques

Les insulines humaines biogénétiques sont efficaces dans un délai de 30 à 60 minutes après injection (Tableau 3). Ce délai d'action, assez retardé par rapport aux analogues rapides de l'insuline, conditionne donc plus d'organisationnel puisqu'il faut anticiper le repas et prévoir l'injection d'insuline au bon moment. D'autant plus que chez l'enfant, il est parfois difficile d'anticiper ce qu'il va bien vouloir manger ou non.

De plus, leur durée d'action est prolongée puisqu'elles peuvent persister dans l'organisme jusqu'à 5 à 8 h après une injection ; conférant ainsi plus de risques d'hypoglycémies retardées. Il faut tout de même noter, que ces intervalles de temps sont soumis à d'importantes variations individuelles, selon les capacités physiologiques de chaque individu [37, 39].

(2) Les analogues rapides de l'insuline

Les analogues rapides de l'insuline (asparte, lispro et glulisine) sont ainsi appréciés chez les enfants puisqu'ils peuvent être administrés, juste avant le repas. Ils présentent ainsi un délai d'action précoce (10 à 20 minutes) par rapport aux insulines humaines conférant plus de flexibilité par rapport aux repas (Tableau 3).

De plus, leur durée d'action étant plus courte (3 à 5 h), ils laissent des concentrations d'insuline moins élevées dans l'organisme après injection et limitent les éventuelles hypoglycémies postprandiales et nocturnes [33, 38].

Dans certaines circonstances, les analogues rapides peuvent être administrés après le repas. En effet, chez un enfant malade ou ayant un petit appétit, il est parfois préférable de réaliser une dose d'insuline, certes retardée par rapport au repas, mais adaptée à la ration alimentaire. Si le comportement de l'enfant nécessite des injections retardées à répétition, il est nécessaire d'en parler à son diabétologue et/ou médecin traitant afin d'envisager une éventuelle adaptation des doses.

Il n'y a pas de consensus chez l'enfant, puisque son appétit et ses envies sont variables, d'un repas à l'autre ou d'un jour à l'autre. Il est donc nécessaire d'être capable de s'adapter en permanence et d'ajuster si besoin les doses d'insuline.

(3) Les analogues lents de l'insuline

Les analogues lents de l'insuline ont l'avantage d'être prévisibles et stables d'un jour à l'autre. Ils permettent un apport d'insuline faible tout au long du cycle nyctéméral.

L'insuline glargine (Lantus ®, Abasaglar ®, Toujéo ®) a un délai d'action de 24 h afin de couvrir les besoins journaliers en insuline. L'injection est quotidienne et bien tolérée. Son utilisation témoigne d'une valeur d'hémoglobine glyquée comparable, voire légèrement meilleure avec notamment une diminution des épisodes hypoglycémiques [33, 38].

L'insuline détémir (Lévémir®) a un délai d'action variable selon la dose administrée (entre 12 et 20 h) et s'utilise classiquement en deux injections par jour (matin et soir) dans le DT 1.

Depuis Mars 2018, une nouvelle insuline lente a été commercialisée ; il s'agit de l'insuline dégludec (Trésiba®) qui peut être utilisée dans la population pédiatrique (à partir de l'âge de 1 an) mais aussi chez l'adolescent.

(4) Les insulines et analogues d'action intermédiaire

Cette catégorie d'insuline est essentiellement utilisée dans les schémas à deux injections, désuets chez l'enfant depuis l'apparition des schémas basal-bolus. Malgré un usage plutôt anecdotique, si des enfants sont équilibrés sous ce type d'insuline, leur utilisation est toujours possible.

L'insuline isophane (contenant un mélange de protamine et de zinc) est essentiellement utilisée en mélange avec de l'insuline rapide : Humalog mix ® 25/50 (Lilly), Novomix ® 30/50/70 (Novo Nordisk), Mixtard ® 30 (Novo Nordisk), Umluline profil ® 30 (Lilly) [33, 38].

5. Schémas thérapeutiques applicables à l'enfant

En pédiatrie, plusieurs schémas thérapeutiques peuvent être proposés :

- Le schéma basal-bolus, qui consiste à effectuer de multiples injections d'insuline au cours de la journée
- L'insulinothérapie fonctionnelle
- La pompe à insuline externe
- Le pancréas artificiel

Quel que soit le schéma thérapeutique choisi, il se doit forcément d'être adapté à l'âge et à la maturité de l'enfant, ainsi qu'à ses besoins individuels et familiaux.

a) Schéma basal bolus

Le schéma basal-bolus est le schéma thérapeutique le plus efficace chez l'enfant. Il n'impose aucune contrainte d'horaire puisque le bolus d'insuline rapide varie en fonction de la glycémie, du contenu du repas et/ou de l'activité physique réalisée.

Il est utilisé afin de mimer le plus précisément possible la sécrétion physiologique d'insuline. Ce schéma peut être réalisé par l'injection d'insuline au moyen d'un stylo à insuline ou par pompe externe. Pour autant, les multiples injections par stylo représentent la contrainte majeure du procédé basal/bolus. La pompe (décrite dans le paragraphe c. Les pompes à insuline) épargne ces injections mais contraint à une surveillance technique plus régulière.

Il convient de rappeler que l'apport d'insuline dite « *basale* » est obtenu grâce aux analogues lents de l'insuline. Elle permet de couvrir les besoins en insuline tout au long de la journée, en dehors de tout repas, par l'apport d'un débit faible mais constant d'insuline. L'administration de l'analogue lent est effectuée une fois par jour, à un horaire régulier (matin ou soir). Les bolus sont administrés juste avant les repas et constituent une dose insulinique de charge afin de couvrir les besoins post-prandiaux en insuline.

Les doses d'insuline (basale et post prandiale) seront régulièrement modifiées afin d'obtenir un bon équilibre glycémique au quotidien [33].

b) L'insulinothérapie fonctionnelle

D'après l'association Insulib (née de l'alliance entre professionnels de santé et patients diabétiques), l'insulinothérapie fonctionnelle « *donne les moyens à la personne diabétique de type 1 de comprendre quels sont ses besoins en insuline et de personnaliser l'adaptation de ses doses* » [40].

Le but de l'insulinothérapie fonctionnelle (ITF) consiste à se rapprocher au maximum de la sécrétion insulinique d'un enfant non diabétique. Centrée sur le patient et son mode de vie, l'ITF s'inscrit dans une démarche d'éducation thérapeutique puisqu'elle permet de déterminer pour chaque diabétique [41] :

- Les besoins insuliques de base
- Les besoins insuliques postprandiaux, en fonction de la quantité de glucides ingérés lors du repas
- Les besoins insuliques de correction, en cas d'hyperglycémie

Elle est destinée aux patients DT 1 traités par un schéma « basal-bolus » administré par multi-injections ou reliés à une pompe à insuline [41, 42].

Une équipe de santé pluri-professionnelle travaille en étroite collaboration afin de déterminer pour chaque enfant les besoins insuliques qui lui sont applicables.

(1) Les besoins insuliques de base

Les besoins en insuline basale sont analysés au cours d'une épreuve de jeûne glucidique : pendant 24 h, l'enfant ne doit consommer aucun aliment contenant des glucides. Des contrôles de glycémie capillaire seront effectués toutes les 2 à 3 heures [41, 42].

Théoriquement aucun bolus n'est effectué puisque seule l'insuline basale est administrée ; mais des ajustements sont effectués en cas d'hypo- ou hyperglycémie.

(2) Les besoins insuliniques postprandiaux

Pour déterminer les besoins en insuline postprandiaux, il est nécessaire de calculer un ratio insuline/glucides propre à l'enfant.

Ce ratio permet d'établir la dose d'insuline à administrer en fonction de la quantité de glucides ingérés. Il s'exprime en gramme de glucides par unité d'insuline (U): 1 U d'insuline couvre X g de glucides ou X U d'insuline couvrent 10 g de glucides [42].

Pour déterminer ce ratio, il est nécessaire d'effectuer une enquête alimentaire sur les habitudes de l'enfant afin d'estimer de manière rétrospective une proportionnalité entre la dose d'insuline et la quantité de glucides ingérés. La dose d'insuline est calculée individuellement pour chaque repas de la journée, les besoins glucidiques n'étant pas nécessairement identiques entre le petit-déjeuner, le déjeuner et le dîner [41].

L'enfant et sa famille doivent être formés à ce comptage par de multiples séances d'éducation thérapeutique et une hospitalisation dans un service formé à l'ITF. Les diététiciens-nutritionnistes jouent un rôle majoritaire dans la formation au calcul de glucides.

(3) L'insuline de correction

La dose de correction est déterminée à partir de la sensibilité individuelle de chaque individu. Elle permet de corriger le plus précisément possible tout phénomène d'hyperglycémie (pré prandial ou en dehors d'un repas).

Elle détermine la baisse de la glycémie pour une U : 1 U permet de faire diminuer la glycémie de X g/L [42].

(4) Moins de contraintes pour plus de liberté

L'ITF a révolutionné et révolutionne encore aujourd'hui la prise en charge du DT1, notamment dans la population pédiatrique. L'objectif ultime est d'offrir à l'enfant la meilleure qualité de vie possible. Cette pratique permet aux jeunes diabétiques de manger librement, « comme tout le monde » par une gestion singulière de leur maladie.

c) Les pompes à insuline

Le schéma basal-bolus peut également être appliqué aux pompes à insuline. La diffusion d'insuline basale s'effectue de manière continue tout au long de la journée, selon les besoins du patient. Au moment des repas, un bolus est programmé afin d'injecter la dose d'insuline nécessaire. Dans ce procédé, l'insuline est uniquement utilisée sous forme d'analogues rapides.

Les pompes à insuline externes sont plus amplement détaillées dans le paragraphe suivant : C. Spécificités des pompes à insuline externes.

6. Modalités d'administration de l'insuline

Les insulines actuelles sont inefficaces par voie orale puisqu'elles sont détruites par l'acidité de l'estomac lors du processus de digestion ; ainsi elles ne peuvent pas rejoindre le flux sanguin et exercer l'effet recherché. Elles sont donc généralement utilisées par voie sous-cutanée chez l'enfant et seront administrées à l'aide de dispositifs médicaux adaptés, selon l'âge et la thérapeutique choisie.

L'injection peut être réalisée directement par l'enfant, si son âge le lui permet et qu'il est éduqué à la pratique de ces gestes, ou sinon par ses parents. L'âge à partir duquel l'enfant peut effectuer ses injections tout seul varie d'un enfant à l'autre et dépend essentiellement de la maturité. Généralement, on conseille aux parents de garder un œil attentif, même lorsque l'enfant est capable d'effectuer lui-même le geste [35].

Chez l'enfant, l'insuline peut être injectée au moyen de :

- Seringues
- Stylos
- Pompes externes

L'utilisation des seringues n'est pas privilégiée et ne sera utile qu'en cas d'urgence et/ou d'hospitalisation.

a) Stylos à insuline

Les insulines sont généralement utilisées chez l'enfant sous forme de stylos injectables. Ces stylos sont très pratiques, puisqu'utilisables en dehors de la maison, et donnent de la rapidité et de la souplesse aux injections [38].

Ils peuvent être pré-remplis en insuline (donc jetables) ou réutilisables avec la disponibilité de cartouches. Les stylos jetables sont prêts à l'emploi et ne délivrent que des doses fixes d'insuline (pas de réglage défini toutes les 1 ou 2 unités) ; les stylos rechargeables permettent quant à eux de sélectionner des demi-unités (avec un pas de réglage variable de 0,5, 1 ou 2 unités selon le fabricant) (Figure 6).

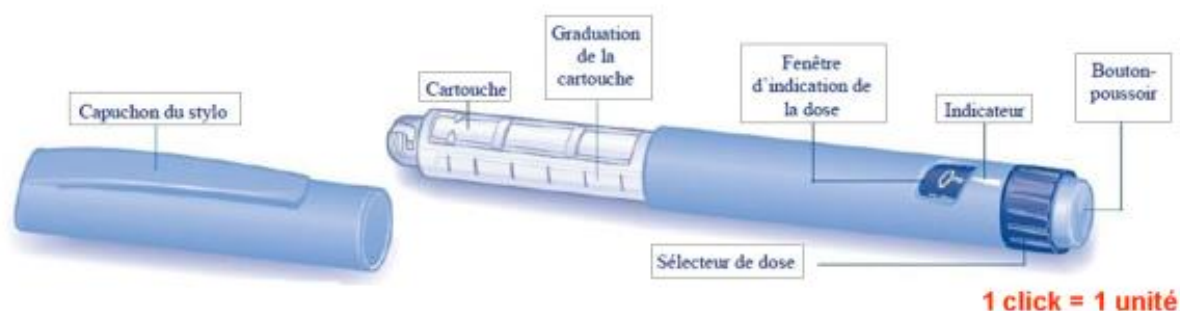


Figure 6 : Bon usage des insulines et de leurs stylos [43]

Ils sont associés à des aiguilles à usage unique dont la longueur est variable selon l'épaisseur de la peau et le site d'injection. Ainsi, elles assurent un dépôt insulinaire en sous-cutanée afin d'éviter une éventuelle injection intra-musculaire qui pourrait être associée à une modification de la pharmacocinétique de l'insuline (Figure 7). Les plus courtes mesurent 4mm ; elles étaient autrefois réservées à l'enfant mais sont maintenant aussi recommandées chez l'adulte (hors contexte d'obésité).

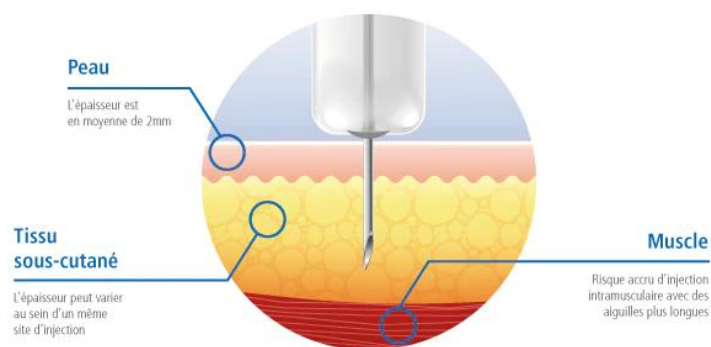


Figure 7 : Dépôt d'insuline en sous-cutané (Laboratoire BD) [44]

L'Aide aux Jeunes Diabétiques (AJD) propose sur son site internet des schémas ludiques et adaptés à l'enfant concernant l'utilisation du matériel d'injection [45].

La Figure 8, ci-dessous, illustre les recommandations à effectuer pour favoriser la bonne utilisation des stylos à insuline. Ce processus permet de garantir la sécurité mais aussi l'efficacité de l'injection.

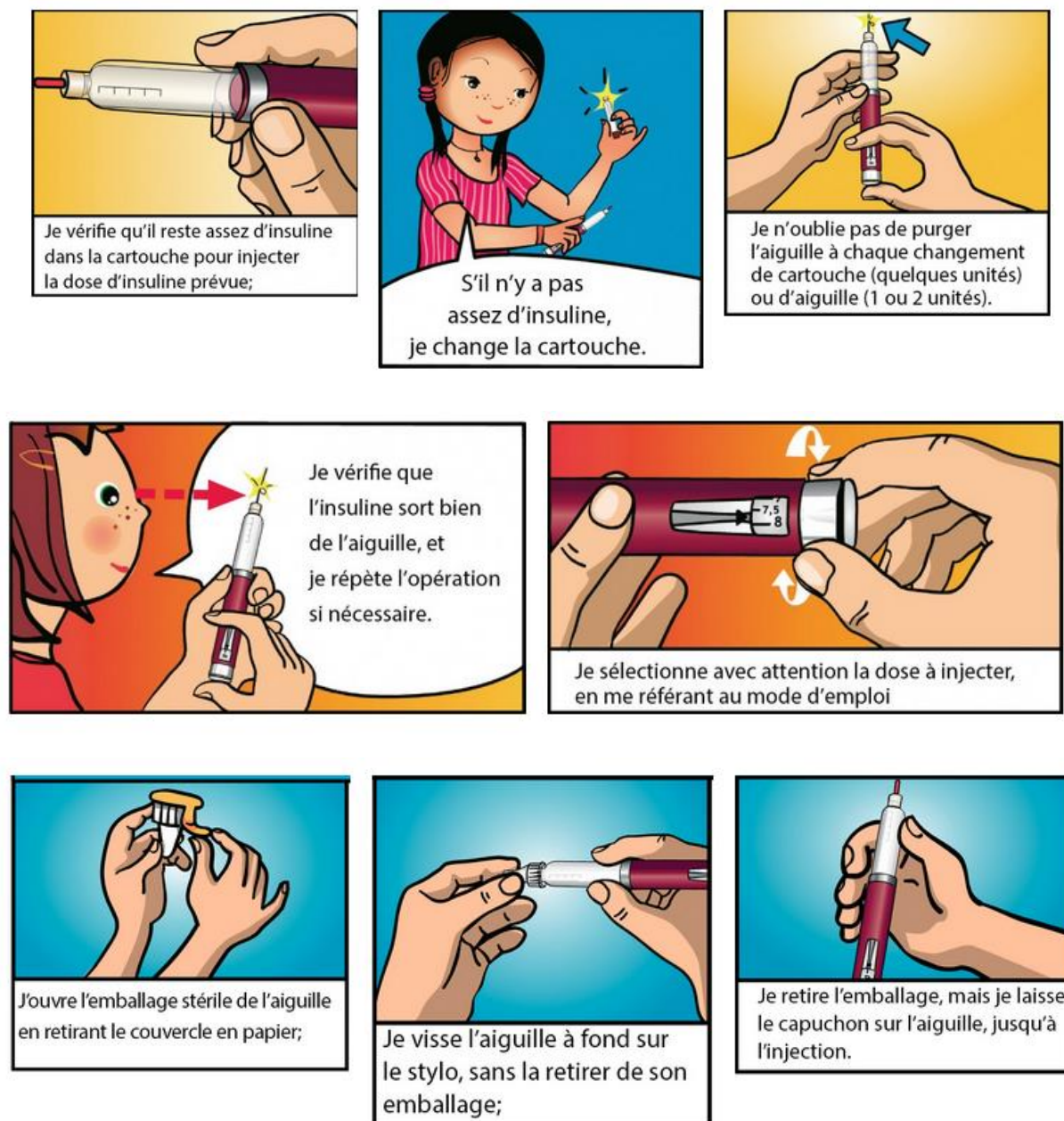


Figure 8 : Procédure à suivre pour favoriser le bon usage des stylos à insuline chez l'enfant (AJD) [45]

Parmi les points à ne pas négliger, le changement de l'aiguille à chaque injection est primordial afin d'éviter les éventuels risques de contamination. L'utilisation d'une nouvelle aiguille à chaque injection permet ainsi de réduire le risque de bris dans la peau, d'obstruction, de complications (notamment des lipodystrophies) et d'inexactitude dans les doses apportées [46].

Si l'insuline utilisée est biphasique, il est nécessaire de la remettre en suspension avant injection. Une purge doit être effectuée à chaque changement d'aiguille afin de vérifier la perméabilité et le bon fonctionnement de l'aiguille. L'insuline doit « perler » au bout de l'aiguille afin de combler l'espace mort présent entre la cartouche et l'aiguille et d'éviter les bulles d'air [47].

Les stylos à insuline sont strictement personnels et conçus pour être utilisés par la même personne. Il ne faut donc jamais partager son matériel. Cette notion est importante à intégrer, notamment dans la population pédiatrique, plus propice aux échanges entre copains [46].

b) Lieu d'injection

L'injection peut être réalisée au niveau du ventre (face antérieure de l'abdomen ou flancs), des cuisses (face antérieure ou latérale), des bras (face latérale) et des fesses (quadrant supéro-externe) (Figure 9) [2, 38, 47].



Figure 9 : « Où faire l'injection d'insuline ? » (AJD) [45]

L'absorption d'insuline varie en fonction du site d'injection choisi. Elle sera plus rapide au niveau du ventre et plus lente au niveau des cuisses. Il est donc nécessaire de faire varier les lieux d'injections pour assurer une absorption uniforme de l'insuline.

Il faut également alterner les sites d'injection afin d'éviter l'apparition de lipodystrophies (désorganisation de masses graisseuses induite par la mauvaise pratique des injections d'insuline) [48]. Il existe des lipohypertrophies, correspondant à des amas de graisse en surface ; et des lipohypotrophies correspondant à des creux (Figure 10). Il ne faut jamais injecter de l'insuline dans ces zones puisqu'elle risque de mettre plus de temps à être efficace.



Figure 10 : Détecter une lipohypertrophie [49, 50]

On peut conseiller le schéma « même zone, même heure, même type d'insuline » en alternant un jour sur deux entre la partie droite et gauche du corps et en variant d'un à deux centimètres les points d'injection.

Une rotation structurée des points d'injection à l'intérieur d'une même zone anatomique (Figure 11) est généralement conseillée afin de couvrir toute la superficie et de limiter la récurrence des zones touchées. Il existe également des schémas lettrés en « M » ou « W ».

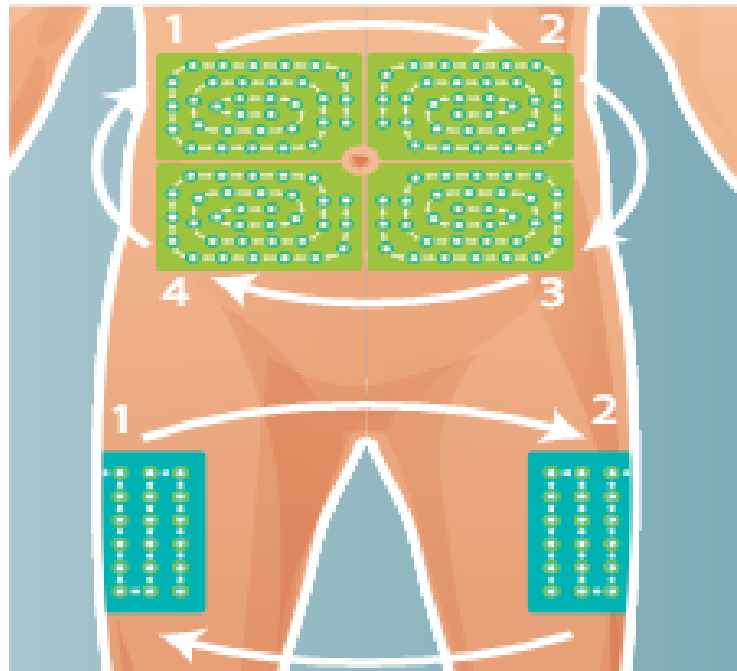


Figure 11 : Exemple d'un plan de rotation structurée pour l'abdomen et les cuisses
[46]

c) Facteurs influençant l'absorption de l'insuline

Parmi les **facteurs accélérant l'absorption de l'insuline**, on retrouve :

- L'âge de l'enfant : l'absorption est plus rapide chez les petits enfants puisque l'épaisseur de leur tissu graisseux sous-cutané est moindre
- L'injection au niveau des cuisses
- La pratique d'une activité physique, avec augmentation de la température corporelle

Parmi les **facteurs ralentissant l'absorption de l'insuline**, on retrouve :

- A l'inverse, une masse graisseuse sous-cutanée plus importante
- Les lipodystrophies
- L'injection de doses élevées d'insuline [2, 46]

d) Technique d'injection

Avant injection, il est conseillé de toujours agiter le stylo et/ou flacon afin de remettre l'insuline en suspension. La peau doit être propre, les mains lavées à l'eau savonneuse et correctement rincées afin de réaliser le geste dans des conditions d'hygiène optimales. Il ne faut pas désinfecter la peau avec une solution antiseptique/alcoolique mais injecter sur peau propre et sèche.

La Société Francophone de Diabétologie (SFD) préconise aujourd'hui l'utilisation des aiguilles de 4 mm chez l'enfant de moins de 6 ans mais également chez l'adulte (les aiguilles de 6 ou 8mm sont réservées aux situations particulières et sont à bannir complètement chez l'enfant).

Chez la plupart des enfants et adolescents, il est possible d'effectuer une injection sous-cutanée sans pli cutané (Figure 12). Dans ce cas, l'aiguille doit être insérée perpendiculairement à la surface d'injection, selon un angle de 90°C [47]. En revanche, dans la tranche d'âge de 2 à 6 ans, il est parfois nécessaire d'effectuer un léger pli cutané car l'épaisseur de peau est minime et il ne faut pas se risquer à une injection intramusculaire [46].

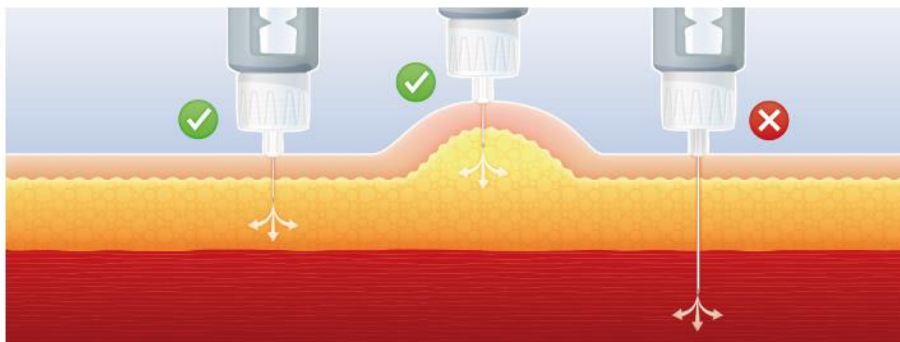


Figure 12 : Injection d'insuline en sous-cutanée, avec un angle de 90°C (avec ou sans pli cutané) [51]

Comme chez l'adulte, il faut compter 10 à 15 secondes avant de retirer l'aiguille pour s'assurer que l'intégralité de l'insuline a bien été injectée, sans fuite (Figure 13). Il n'est pas nécessaire masser le site après injection.

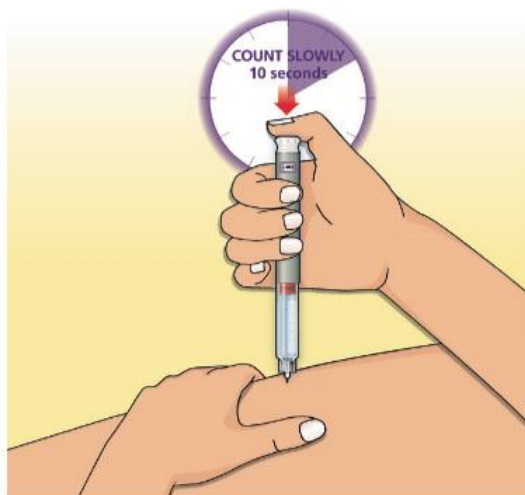


Figure 13 : Comptage lors de l'injection d'insuline par stylo [46]

L'aiguille doit ensuite être jetée dans un collecteur de Déchets de Soins à Risques Infectieuses (DASRI). Ces collecteurs jaunes à couvercle vert sont disponibles gratuitement en pharmacie d'officine. Ils ne doivent contenir que des objets piquants, coupants ou perforants. Dans le cadre du diabète, il faut indiquer au patient de mettre dans le collecteur les lancettes (et barillets), aiguilles (à stylos), seringues et cathéters (pour certains types de pompes). Une fois remplis, les collecteurs doivent être rapportés en pharmacie afin de suivre une filière d'élimination spécifique (Figure 14) [52].



Figure 14 : Collecteur DASRI [52]

C. Spécificités des pompes à insuline externes

Les pompes à insuline externes révolutionnent la prise en charge du DT 1 chez l'enfant. Leur objectif principal consiste à améliorer la qualité de vie des patients diabétiques tout en optimisant le contrôle glycémique et en réduisant les risques d'hypoglycémie.

Les pompes implantables ne seront pas détaillées dans cette thèse, puisque non éligibles chez l'enfant en 2019 / 2020.

1. **Réglementation**

a) Prise en charge chez l'enfant

Les pompes à insuline sont très largement indiquées chez les enfants, surtout jeunes, afin de faciliter leur prise en charge. Remboursées depuis 2000, elles sont devenues le traitement de référence dans la prise en charge du jeune diabétique de moins de 5 ans [2].

Le traitement par pompe à insuline est inscrit sur la Liste des Produits et Prestations (LPP) et remboursé à 100% par la sécurité sociale depuis novembre 2000 pour les patients bénéficiant d'une prise en charge au titre de l'ALD n°8 (Affection Longue Durée) ; la prise en charge étant assurée « pour le diabète de type 1 ou 2 ne pouvant être équilibré par multi-injections sous cutanées d'insuline » [53].

La prise en charge d'un enfant traité par pompe à insuline est effectuée par un centre initiateur pédiatrique (généralement un établissement de santé privé ou public) qui est responsable des formations médicale et paramédicale de l'enfant et de sa famille. Des pédiatres, pharmaciens, infirmières et diététiciennes sont formés pour initier la mise sous pompe et évaluer annuellement les bienfaits du traitement.

b) Modalités de prescription

La prescription initiale d'une pompe à insuline externe doit être effectuée sur une ordonnance Cerfa intitulée « Ordonnance d'insulinothérapie par pompe externe programmable » (Annexe n° 2) par le centre initiateur pédiatrique où exerce le médecin qui suit l'enfant.

Elle doit préciser la marque et le modèle de la pompe ainsi que les consommables associés à sa bonne utilisation (marque, modèle et quantité). La durée maximale de prescription étant de 6 mois.

Le renouvellement est ensuite effectué par un pédiatre expérimenté en diabétologie exerçant dans le centre initiateur ou en collaboration avec ce dernier. La poursuite du traitement est systématiquement réévaluée tous les ans.

Le changement de pompe est pris en charge par la sécurité-sociale après un délai de quatre ans selon l'arrêté d'inscription. Un renouvellement exceptionnel peut être pris en charge avant expiration de ce délai après avis du médecin conseil [54].

c) Rôle du prestataire de santé

Aujourd'hui, la réglementation concernant la délivrance et le suivi des patients sous pompe à insuline est confié à de nombreux prestataires de santé, choisis par le patient, en lien avec le diabétologue.

La formation technique du patient, le matériel et les consommables sont sous la responsabilité du prestataire choisi par le patient. Une assistance technique est disponible 24 h sur 24 afin de palier à un éventuel défaut ou problème de fonctionnement de la pompe.

2. Une opportunité chez l'enfant

a) Intérêt de la pompe à insuline chez l'enfant

La pompe a pour objectif d'aider l'enfant à obtenir un équilibre glycémique en adéquation avec la vie qu'il souhaite mener : allier l'utile à l'agréable pour profiter des plaisirs quotidiens et des possibilités qui s'offrent à lui [55].

La mise sous pompe à insuline peut être envisagée à tout âge. Ainsi, certains paramètres peuvent être verrouillés afin d'éviter l'activation involontaire de certaines fonctionnalités par l'enfant et de sécuriser les injections d'insuline.

Les pompes à insuline externes présentent de multiples avantages par rapport au schéma basal-bolus à multiples injections [53, 55] :

(1) Une meilleure insuline basale

La pompe permet tout d'abord une diffusion d'insuline en continu tout au long de la journée, afin de mimer l'action physiologique qu'exerce l'insuline chez une personne non diabétique. Un débit de base est programmé et peut être ajusté en fonction des besoins de l'enfant/adolescent. Ces besoins sont généralement variables dans la journée (activité physique et phénomène de l'aube notamment).

Différents profils sont programmables et peuvent être modifiés selon les habitudes quotidiennes de l'enfant ; par exemple, le débit de base peut être différent la semaine du weekend ou la nuit suivant la pratique d'une activité physique.

(2) Un bolus amélioré et plus intelligent

Des bolus sont effectués à chaque repas sans nécessité de piqûre supplémentaire, ce qui représente un avantage considérable chez l'enfant. Le nombre de bolus est illimité ; ainsi, si une dose insuffisante d'insuline a été injectée, celle-ci peut être rapidement complétée par un bolus supplémentaire.

Des bolus de correction peuvent également être effectués en journée, pour corriger une éventuelle glycémie trop élevée.

b) Organiser la mise sous pompe

Chez l'enfant, il convient d'évaluer ou non la nécessité de passer sous pompe à insuline externe puisque celle-ci engendre des coûts supplémentaires au système de santé français. En effet, une mise sous pompe doit être anticipée par des multiples consultations médicales avec l'enfant, sa famille et l'équipe soignante.

Les choix de l'indication et du modèle de pompe doivent être réalisés par un pédiatre expérimenté dans le domaine du diabète infantile et exerçant dans le centre initiateur pédiatrique choisi par la famille.

Avant d'organiser la mise sous pompe, il faut vérifier son acceptabilité par l'enfant et ceci s'effectue par le port de la pompe « à vide » pendant quelques jours. L'équipe soignante prévoit également un holter glycémique quelques jours avant l'installation afin d'évaluer l'équilibre glycémique et les besoins en insuline propres à l'enfant.

Les professionnels de santé doivent être formés à l'utilisation des différentes pompes disponibles et de leurs consommables. Ils doivent ensuite à leur tour former l'enfant et sa famille en les intégrant notamment dans des programmes d'ETP. Enfin, un suivi approfondi et personnalisé doit être mis en place afin de favoriser la bonne observance du traitement et un contrôle optimal du diabète.

3. Indications et contre-indications

a) Indications communes à l'adulte

Les indications du traitement par pompe à insuline ont été décrites par la SFD en 1995 puis actualisées en 2009.

Les indications de la pompe à insuline chez l'enfant et l'adolescent sont globalement les mêmes que chez l'adulte, avec notamment [53] :

- Une instabilité glycémique persistante (avec un taux d'HbA_{1c} élevé) malgré une prise en charge optimale et intensifiée associant traitement par multi-injections et éducation thérapeutique du patient ;
- Des hypoglycémies répétées : sévères ou modérées mais fréquentes ;
- Une variabilité glycémique importante, mise en évidence par des critères cliniques et biologiques (hémoglobine glyquée élevée, autosurveillance glycémique hors recommandations) ;
- Une variabilité des besoins en insuline, avec notamment le phénomène de l'aube (hausse de la glycémie au réveil malgré des valeurs de glycémie correctes au coucher) ; des besoins en insuline très faibles chez le jeune enfant
- Un équilibre métabolique satisfaisant mais une qualité de vie altérée par le schéma à multiples injections.

b) Indications propres à l'enfant et l'adolescent

Certaines indications s'appliquent plus spécifiquement à la pédiatrie, avec notamment [2, 53] :

- L'instabilité glycémique du jeune enfant, avec un équilibre métabolique non satisfaisant pour l'âge
- La douleur et/ou phobie des injections
- L'impossibilité pratique de réaliser les injections
- Les hypoglycémies nocturnes et besoins nocturnes en insuline très faibles chez le jeune enfant
- Les troubles du comportement alimentaire (en particulier chez l'adolescente)
- Le diabète néonatal ou du nourrisson, dès sa découverte

La motivation de l'enfant (et de ses parents) est un élément fondamental dans le passage au traitement par pompe à insuline externe. Il faut prendre le temps d'y réfléchir. La balance bénéfique/risque doit être correctement évaluée afin de limiter les risques d'échec thérapeutique.

c) Contre-indications à la mise sous pompe

Le manque de motivation et d'implication de l'enfant et de sa famille représente la première contre-indication au passage sous pompe à insuline externe.

S'il existe des troubles psychiatriques graves, pouvant rendre le maniement de la pompe compliqué, la mise sous pompe doit être discutée pour permettre de proposer le meilleur schéma d'administration possible. Les avantages et inconvénients doivent être évalués afin de ne pas mettre l'enfant en danger.

Enfin, une ASG insuffisante peut faire obstacle à une mise sous pompe car elle représente une part importante dans la bonne conduite de ce schéma thérapeutique.

4. Description d'une pompe à insuline externe

Les premières pompes à insuline sont apparues dans les années 1980. Elles sont généralement portées à la ceinture et contiennent :

- Un réservoir d'analogue rapide de l'insuline placé dans la pompe par une seringue ou cartouche adaptée
- Un boîtier (alimenté par pile ou batterie), sur lequel la quantité d'insuline à injecter est programmée (en fonction de la glycémie qui a été préalablement mesurée) (Figure 15)
- Une ligne d'administration avec un système de tubulure composé d'un cathéter qui se termine par une canule souple placée sous la peau et entourée d'adhésif afin de fixer le système au niveau cutané (Figures 15 et 16)

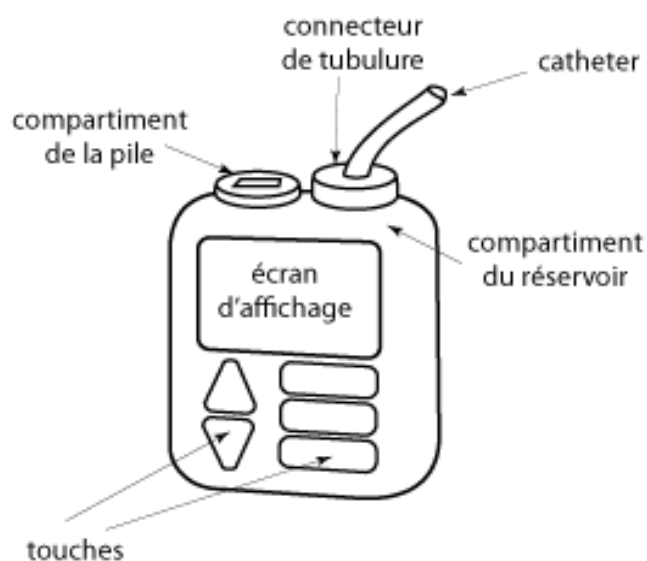


Figure 15 : Schéma d'une pompe à insuline externe, issu de la Fédération des diabétiques [56]

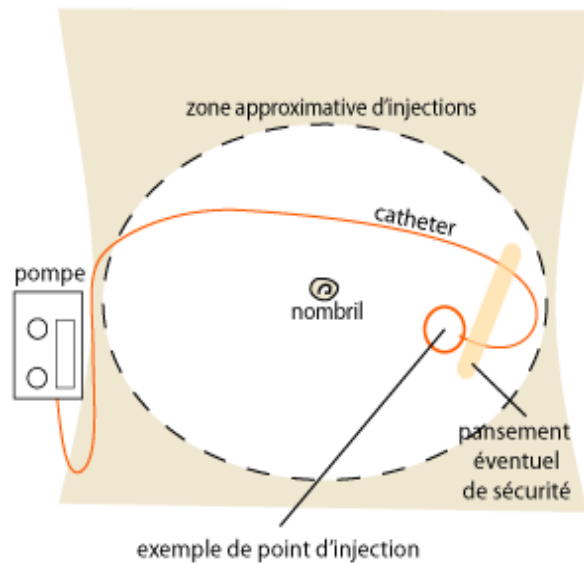


Figure 16 : Circuit et montage d'une pompe à insuline externe, issu de la Fédération des diabétiques [56]

La pompe permet de mimer l'activité du pancréas grâce à l'apport continu d'un analogue rapide de l'insuline. Le patient est connecté à sa pompe *via* un cathéter et reçoit une perfusion d'insuline en continu. Cet apport correspond au « débit de base », sur 24 h. Des doses supplémentaires d'insuline rapide sont ensuite administrées au moment des repas, on parle alors de « bolus », dont la dose est calculée selon la quantité de glucides ingérée [57].

L'objectif de ce système est de se rapprocher le plus possible de la sécrétion physiologique d'insuline. Les pompes fonctionnent ainsi 24 h sur 24, selon la programmation. Il est possible de suspendre leur fonctionnement et les retirer 1 à 2 heures par jour puisque le cathéter est facilement déconnectable.

5. Modèles disponibles

Différents modèles de pompes à insuline externes sont disponibles chez l'enfant, selon son morphotype et ses capacités d'acceptabilité. La taille du réservoir d'insuline est adaptée et généralement moins conséquente que chez l'adulte.

Les premiers modèles de pompes à insuline externes ont bien évolué depuis quelques années. La taille des boîtiers a largement diminué et certains modèles fonctionnent désormais sans cathéter.

a) Pompes patch

Depuis 2016, une nouvelle génération de pompe à insuline externe a vu le jour en France : il s'agit des patchs pompe à insuline, également connus sous nom de « pod ». La pompe est directement posée sur la peau (Figure 17) ; il n'y a donc plus de tubulure entre la pompe et la canule comme dans les modèles ancestraux.

Ces modèles de pompes sont utilisables chez l'enfant peu importe son âge. Les bébés sont d'ailleurs des candidats intéressants puisqu'ils sont toujours accompagnés par un adulte qui est prêt à ajuster les doses et réagir en cas de problème [58].



Figure 17 : Disposition du Pod [59]

Il s'agit d'une pompe à usage unique, qui doit être changée tous les 3 jours. Lors de l'amorçage de la pompe, la canule est insérée en sous-cutané de manière automatisée et presque indolore afin de favoriser la bonne acceptabilité chez l'enfant. Le réservoir d'insuline est intégré dans la pompe et doit être rempli manuellement.

Léger, discret et étanche, le pod est relié à un programmeur sans fil à partir duquel la dose d'insuline est envoyée (Figure 18). Lors d'un phénomène occlusif, le programmeur détecte une anomalie et déclenche ainsi une alarme afin d'alerter le patient.

Malgré de nombreux avantages, il est également important de noter que le patch peut se décoller en cas de transpiration excessive et si l'enfant pratique une activité nautique prolongée.



Figure 18 : Exemple de patch pompe à insuline (mylife Omnipod) [60]

Les prestataires de santé mettent à disposition des patients des « Recycling Box » permettant le stockage des pods usagés. En collaboration avec le réseau officiel, des opérations de collecte sont effectuées plusieurs fois par an dans les pharmacies « points de collectes » adhérentes au programme (Figure 19). Un Eco-Organisme permet ensuite la séparation des différents composants des pods et leur recyclage [61].



Figure 19 : Où rapporter vos pompes patch mylife™ Omnipod® ? [61]

b) Pompes couplées à un capteur de glucose

La suite logique au développement des pompes à insuline externe réside dans la capacité à relier ces dispositifs à des systèmes de surveillance en continu du glucose.

C'est notamment le cas de la pompe à insuline MiniMed® 640G de Medtronic (Figure 20), actuellement couplée au capteur de glucose Enlite3 et capable de stopper la perfusion d'insuline avant une hypoglycémie. Le capteur de glucose est connecté à un transmetteur qui envoie les données de glycémie à la pompe afin qu'elle module directement l'apport d'insuline.

Cette capacité à agir sur la sécrétion d'insuline et notamment à la stopper représente un avantage non négligeable dans la population pédiatrique, souvent exposée au risque d'hypoglycémie (notamment nocturne) [62].



Figure 20 : Pompe à insuline Minimed® 640G (Medtronic) et interfaces connectées [62]

c) Accessoires

Beaucoup d'accessoires se développent chez l'enfant afin d'optimiser l'adaptabilité du traitement par pompe à insuline externe. Le côté ludique, moderne et divertissant est recherché afin d'intégrer les enfants à la démarche de prise en charge. L'objectif est qu'ils deviennent, dès le plus jeune âge, acteurs de leur traitement et qu'ils s'approprient cet objet, indispensable à leur « survie ».

Le développement de ces accessoires suit généralement les effets de mode afin d'attirer l'enfant. C'est le cas du motif licorne très à la mode actuellement chez les jeunes filles. Les figures 21, 22 et 23 présentent différents modèles de coques et de ceintures originales pour pompe.



Figure 21 : Coques colorées pour pompe à insuline Medtronic ® [63]



Figure 22 : Ceinture pour pompe à insuline (modèle licorne) [64]



Figure 23 : Ceinture pour pompe à insuline (modèle chien) [65]

Des bracelets colorés peuvent également être mis autour du poignet de l'enfant afin de prévenir toute personne, extérieure à son entourage familial, avec laquelle il pourrait être amené à communiquer ; notamment dans un contexte accidentel afin d'informer les secours (Figure 24).



Figure 24 : Bracelets pour jeunes diabétiques

6. Danger de la pompe à insuline externe

La pompe à insuline couvre les besoins basaux de l'enfant par l'apport d'analogues rapides de l'insuline, en faible quantité tout au long de la journée. Si l'apport en insuline est interrompu (cathéter ou canule bouchés le plus fréquemment), le corps ne possède aucune « réserve » en insuline. Les risques d'acidocétose sont donc beaucoup plus marqués dans le cas d'un traitement par pompe à insuline externe plutôt qu'avec les autres thérapeutiques d'insulinothérapies conventionnelles [66].

Le premier réflexe à adopter en cas d'hyperglycémie ou de phénomène d'acidocétose non expliqué sous pompe est l'apport immédiat d'insuline par un autre moyen. Il est donc impératif que chaque enfant ait à proximité un stylo d'insuline à utiliser en cas d'urgence. Bien entendu, il faut ensuite remplacer le cathéter ou la canule de la pompe et effectuer un contrôle glycémique afin de vérifier si l'apport d'insuline est de nouveau effectif.

D. Les perspectives du pancréas artificiel

La recherche clinique en diabétologie a pour but ultime le développement du pancréas artificiel. Ce système en boucle fermée, associant pompe à insuline externe, capteurs de glucose interstitiel et algorithmes complexes, permet d'administrer de l'insuline de façon automatisée, selon les valeurs de glycémie mesurées [67] (Figure 25). Un système d'alerte permet de détecter les hypoglycémies précoces pour inciter l'enfant et/ou ses parents à accroître leur vigilance lors de situations extrêmes.

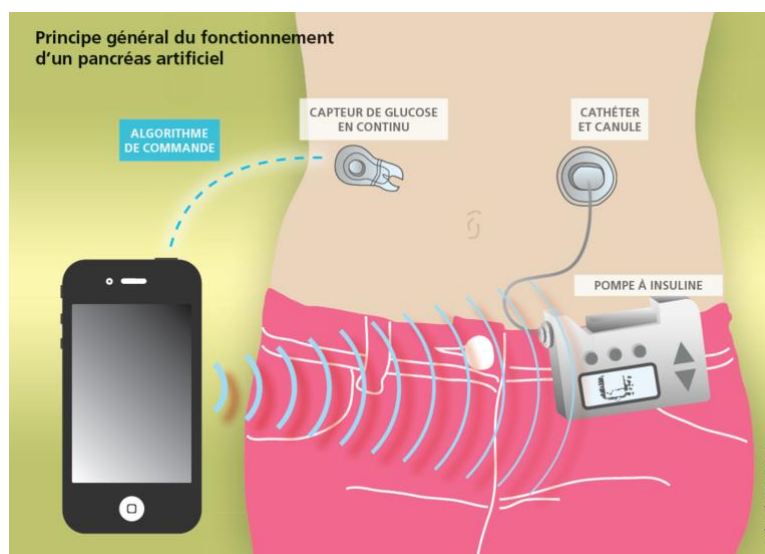


Figure 25 : Le système de boucle fermée [68]

Il n'existe pas un mais des pancréas artificiels : les modèles de pompes utilisées pouvant être distincts d'un enfant à l'autre (pompe filaire ou pompe patch) et l'intelligence artificielle variable selon le dispositif choisi (algorithmes complexes).

1. Objectifs

Cette solution technologique externe tend à répondre à trois objectifs majeurs dans la population pédiatrique :

- Limiter la variabilité glycémique, très fréquente chez l'enfant
- Améliorer l'équilibre global du diabète, par la stabilisation de l'hémoglobine glyquée
- Limiter le poids de la maladie au quotidien

Actuellement, les systèmes utilisés en pédiatrie sont dits « hybrides » : la boucle n'est pas encore totalement fermée puisque la gestion des repas et de l'activité physique n'est pas spontanée et nécessite une intervention extérieure pour administrer les bolus.

Chez l'enfant, les perspectives du pancréas artificiel représentent une avancée considérable dans la prise en charge de la maladie. Les algorithmes développés dans la population adulte ne sont pas transposables à la population pédiatrique puisque celle-ci est caractérisée par une extrême variabilité des besoins en insuline. Il est donc nécessaire d'effectuer des études spécifiques à la population pédiatrique.

2. Etudes publiées ou en cours

Une étude a été réalisée en 2013 chez des enfants DT 1 équipés du pancréas artificiel, lors d'un séjour éducatif. L'objectif était d'évaluer l'efficacité et la sécurité du pancréas artificiel dans le contrôle de la glycémie nocturne. Il a été mis en évidence une diminution des hypoglycémies nocturnes associée à une stabilité glycémique chez les enfants équipés du pancréas artificiel (comparativement à des enfants uniquement sous pompes à insuline avec capteur continu de glucose et/ou sous traitements par multi-injections) [69, 70].

a) Etude « FreeLife Kid AP »

Il s'agit de la première étude de pancréas artificiel dans la vraie vie chez l'enfant en France. Pilotée par le Professeur Renard de Montpellier, elle inclut un panel de 120 enfants prépubères (âgés de 6 à 12 ans) équipés de la pompe à insuline t:slim X2™ (Tandem Diabetes Care) et du capteur de glucose Dexcom G6 (Dinno Santé). Le système intègre un algorithme qui effectue automatiquement le débit basal et les correctifs ; mais les parents doivent effectuer les bolus au moment du repas.

Les premiers résultats de cette étude, comparant l'utilisation de ce système pendant 24 h face à une utilisation uniquement nocturne, sont très prometteurs [71]. Une première analyse intermédiaire (après 3 mois d'utilisation, chez 30 enfants) a évalué la faisabilité, la sécurité et l'efficacité du circuit en boucle fermée.

L'étude indique que la connectivité entre la pompe à insuline, le système de mesure du glucose en continu et l'algorithme est efficace dans plus de 95% du temps. L'utilisation de la boucle fermée 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7 n'est associée à aucun événement indésirable grave (pas d'acidocétose ni d'hypoglycémie sévère).

Les résultats dans le groupe « dîner/nuit » indiquent que les enfants passent plus de 80% de leur temps dans la cible glycémique ; avec une réduction significative des risques d'hypoglycémies nocturnes.

L'étude est poursuivie jusque fin Janvier 2020 ; les résultats finaux seront donc présentés prochainement [72].

b) Etude « Diabeloop for kids » DBL4K

La société Diabeloop développe actuellement des dispositifs innovants dont le but est de révolutionner le traitement et la gestion du DT 1.

« Diabeloop for kids » est une étude en cross-over réalisée chez 20 enfants prépubères âgés de 6 à 12 ans. L'efficacité et la sécurité du système en boucle fermée Diabeloop sont évalués avec un protocole à l'hôpital (4 jours / 3 nuits) et à domicile (6 semaines). Il s'agit d'une étude comparative entre le système Diabeloop (dont les critères miment l'effet du pancréas artificiel) et une thérapie classique par pompe et capteur.

Les résultats de cette étude sont également prévus pour 2020 [73].

c) Prochaines études

Deux études sont programmées en France concernant la pompe à insuline Minimed® 670G de Medtronic (Figure 26) : une étude comparative (efficacité et sécurité du système de boucle semi-fermée 670 G versus un schéma par multi-injections) et une étude de qualité de vie sous 670 G.

Le groupe Diabeloop prévoit également des études chez les adolescents.



Figure 26 : Pompe à insuline Minimed ® 670G (Medtronic)

3. Trois dispositifs dans les « starting blocks »

La boucle fermée est une avancée technologique très pertinente qui tend à se développer dans la population pédiatrique. Trois dispositifs sont actuellement au cœur de l'innovation en France :

- Le dispositif DBLG1 (Diabeloop) dont le marquage CE (Conformité Européenne) a été obtenu ; mais le dossier de remboursement a été déposé uniquement pour les adultes
- Le dispositif Tandem Control IQ ; dont le dossier a été déposé à la FDA pour l'adulte et l'enfant
- Le dispositif Minimed 670G ; uniquement commercialisé aux Etats-Unis mais dont le marquage CE a été obtenu en France

III. SURVEILLANCE

La surveillance du diabète de l'enfant est à la fois clinique et biologique. Elle doit être réalisée par l'enfant lui-même (et/ou par son entourage selon la tranche d'âge) et par le pédiatre endocrinologue [37].

A. Objectifs de la HAS (2007)

1. **Guide ALD-8**

D'après le guide ALD « *Diabète de type 1 de l'enfant et de l'adolescent* » de la HAS (Haute Autorité de la Santé) [74], un suivi de l'enfant et de l'adolescent doit régulièrement être effectué afin de surveiller :

- La croissance, le développement et le stade pubertaire
- Les connaissances de l'enfant/adolescent et de son entourage sur la maladie
- Les éventuels changements psychologiques
- La tolérance du traitement par insuline
- Les zones et techniques d'injection de l'insuline
- Le niveau d'hémoglobine glyquée
- L'autonomie dans la prise en charge de la maladie
- La réalisation de l'autosurveillance glycémique
- L'observance au traitement pharmacologique et face aux règles hygiéno-dietétiques
- L'apparition ou la survenue de facteurs de risques, en adaptant si besoin le traitement selon la gravité
- L'apparition de complications de la maladie
- Les autres maladies associées (maladie coeliaque, thyroïdienne)

2. **Professionnels impliqués**

L'enfant et/ou adolescent est régulièrement suivi et accompagné par une équipe de professionnels de santé médicaux (pédiatre endocrinologue spécialisé en diabétologie, pharmacien) et paramédicaux (Infirmier(ères) Diplômé(e) d'Etat (IDE) spécialisé(e)s en diabétologie, diététicien(nes), psychologues).

B. Consultations spécialisées

1. **Fréquence de suivi**

Au cours des six premiers mois, les consultations avec le pédiatre endocrinologue référent de l'enfant sont très régulières afin d'adapter au mieux le traitement insulinique lors de la phase initiale de la maladie (à la fréquence d'une fois par mois).

Par la suite, les consultations permettent de faire le point sur la maladie, l'état de l'enfant et de commenter la valeur de l'hémoglobine glyquée au vu du comportement adopté lors des mois précédents. Elles sont ainsi espacées et réalisées tous les trois mois.

Enfin, des consultations dites de « transition » peuvent être organisées pour les adolescents afin de faciliter le passage vers les services de diabétologie adulte.

2. **Suivi pluridisciplinaire**

Le pédiatre endocrinologue se doit d'orienter le patient vers d'autres spécialistes comme :

- L'ophtalmologue : un bilan d'ophtalmologie doit être réalisé tous les ans à partir de l'âge de 10 ans (dépistage annuel de la rétinopathie diabétique)
- Le diététicien : l'adaptation de l'alimentation doit être envisagée grâce aux compétences de professionnels de la nutrition
- Le psychiatre/psychologue : il ne faut pas négliger la composante psychique du traitement
- Le pédiatre et/ou médecin traitant : pour assurer un suivi régulier par un professionnel de santé
- Le pharmacien : pour les dispensations et délivrance d'insuline et l'accompagnement au quotidien par un professionnel de santé de proximité

Comme dans toute maladie, il faut éviter la rupture de soins et permettre une continuité de prise en charge entre la ville et l'hôpital.

C. Suivi biologique

1. **Hémoglobine glyquée (HbA_{1c})**

L'enfant doit réaliser pluri-quotidiennement une surveillance de sa glycémie. Pour autant, l'évaluation de l'équilibre glycémique s'apprécie grâce à la valeur d'hémoglobine glyquée (HbA_{1c}). Il s'agit du reflet des glycémies sur les six semaines précédentes. Le dosage de l'HbA_{1c} est effectué tous les trois mois afin de surveiller l'efficacité du traitement et d'ajuster au besoin la thérapeutique.

De nombreuses études montrent que des valeurs élevées d'HbA_{1c} sont associées à l'apparition des complications chroniques de la maladie. La valeur cible de l'HbA_{1c} a été définie par l'*International Society for Pediatric and Adolescent Diabetes (ISPAD)* dans un Consensus de 2018. Chez les enfants, adolescents et jeunes adultes ayant accès à des soins complets, on considère que l'HbA_{1c} doit être inférieure à 53 mmol/mol soit 7% [75].

Le diabète n'étant pas une science exacte, les taux d'HbA_{1c} peuvent être supérieurs (< 50 mmol/mol soit < 7,5%) dans certaines situations :

- Incapacité à exprimer les symptômes d'hypoglycémie
- Hypoglycémie non détectée et/ou antécédents d'hypoglycémie sévère
- Non accessibilité aux analogues de l'insuline et nouvelles techniques d'administration de l'insuline et de contrôle de la glycémie

A contrario, les taux d'HbA_{1c} peuvent être diminués (< 47,5 mmol/mol soit < 6,5%) chez les enfants ne présentant que très peu (voire pas) d'hypoglycémies et pour lesquels la qualité de vie n'est pas perturbée.

2. **Bilan biologique annuel**

Parmi les autres éléments biologiques à contrôler, il est nécessaire d'effectuer une fois par an [74] :

- Une glycémie veineuse à jeun
- Un bilan lipidique
- Un bilan rénal : micro-albuminurie, créatininémie à jeun, clairance à la créatinine
- Un dosage de la TSH

D. Autosurveillance glycémique

L'autosurveillance glycémique (ASG) est un élément incontournable dans la prise en charge du DT 1 de l'enfant. Pour être totalement efficace, elle se doit d'être associée à une insulinothérapie rigoureuse, une activité physique régulière et une alimentation équilibrée.

L'ASG regroupe l'autosurveillance de la glycémie et de la cétonémie capillaire et peut être complétée par la mesure de glucose interstitiel à l'aide de capteurs.

L'objectif du traitement est double chez l'enfant [76] :

- Premièrement, le contrôle glycémique doit être optimal afin de limiter les complications dégénératives à long terme
- Deuxièmement, l'ASG doit permettre de limiter les épisodes d'hypo et hyperglycémies afin de faciliter l'insertion sociale et scolaire de l'enfant et de lui assurer la meilleure qualité de vie possible

1. Intérêts de l'ASG en pédiatrie

En pédiatrie comme chez l'adulte, l'insulinothérapie impose une ASG rigoureuse. Les intérêts de l'autosurveillance pédiatrique sont donc similaires à ceux de l'adulte. Des recommandations internationales ont été établies par l'ISPAD, dont le dernier consensus date de 2018 [75–77] :

- Evaluer de façon exacte et précise le niveau de contrôle glycémique d'un enfant
- Aider à adapter la thérapeutique en fonction des objectifs définis
- Aider à l'ASG afin d'atteindre l'équilibre glycémique en réduisant au maximum les effets des hypo et/ou hyperglycémies sur le développement du cerveau, les fonctions cognitives et l'humeur
- Dépister, prévenir et réduire les complications aiguës et chroniques de la maladie
- Optimiser la qualité de vie de l'enfant et de sa famille

2. Objectifs thérapeutiques

Les objectifs thérapeutiques sont adaptés à l'enfant et individualisés selon ses besoins. L'objectif est d'obtenir une valeur d'hémoglobine glyquée (HbA_{1c}) inférieure à 7% et de limiter la fréquence de survenue et la sévérité des hypoglycémies [77].

Les cibles glycémiques varient en fonction des différentes périodes de la journée (au réveil, au coucher, en postprandial et pendant la nuit). Le but est de se situer au plus près des valeurs optimales. Il faut cependant ne pas négliger certaines particularités applicables à la population pédiatrique : chez l'enfant en bas âge, il faudra par exemple prendre en compte les conséquences potentielles qu'une hypoglycémie sévère peut avoir sur son développement psychomoteur ; chez l'adolescent il faudra plutôt prendre en compte les modifications hormonales et psychosociales ainsi que leurs répercussions sur le contrôle glycémique [76].

Les objectifs doivent donc être adaptés à l'enfant, atteignables et surtout régulièrement réévalués (Tableau 4). La notion d'objectif « atteignable » doit être intégrée par l'enfant et sa famille afin de faciliter l'observance face à la maladie.

Cibles glycémiques de l'ISPAD : < 53 mmol/mol (<7% pour l'HbA _{1c})	
Avant le repas	4,0 – 7,0 mmol/L (70 – 130 mg/dL)
Après le repas	5,0 – 10,0 mmol/L (90 – 180 mg/dL)
Au coucher	4,4 – 7,8 mmol/L (80 – 140 mg/dL)

Tableau 4 : Cibles glycémiques de l'ISPAD (Consensus de 2018) [75]

3. Dépendance à l'adulte

L'enfance et l'adolescence sont des périodes pendant lesquelles la présence parentale est indispensable. Quel que soit l'âge de l'enfant, l'ASG doit être réalisée sous le regard attentif d'un adulte. Sa présence est nécessaire, d'une part pour superviser la réalisation technique du geste et d'autre part pour interpréter le résultat.

Les enfants en bas âge dépendent de leur(s) parent(s) pour gérer la maladie. Les gestes à effectuer demandent beaucoup de précision et ne peuvent pas être réalisés par l'enfant lui-même. De plus, l'enfant n'est pas encore capable de s'exprimer de manière claire, la communication avec l'entourage demeure alors compliquée. Il ne perçoit pas de la même façon qu'un adulte les signes d'alerte lors d'une hypo et/ou hyperglycémie ; l'ASG permet ainsi à l'adulte de déceler les situations à risque.

Chez l'adolescent, les mesures de glycémie ne sont pas toujours effectuées de façon régulière. En effet, la contrainte de l'ASG peut être vécue comme une honte et un rappel permanent de l'existence de la maladie. Lors de cette période, l'adulte jeune a tendance à se fier à son ressenti et à négliger la réalisation du geste. Les professionnels de santé doivent former et informer l'adolescent quant à l'importance de la mesure de glycémie capillaire pour confirmer les symptômes ressentis [76].

4. Modalités de réalisation

a) Fréquence de réalisation

Chez l'enfant, la fréquence de l'ASG est de 4 à 6 glycémies par jour soit au réveil, juste avant et deux heures après chaque repas puis au coucher. Plusieurs études suggèrent une corrélation entre le nombre de glycémies capillaires réalisées au quotidien et une amélioration de l'HbA_{1c} [76, 78].

Chez l'enfant en bas âge, l'ASG réalisée par les parents est souvent plus élevée que chez l'adolescent devenu autonome. Le diabète de l'enfant étant instable, il faut anticiper et prévoir l'apparition d'hypoglycémies asymptomatiques.

b) Le geste

La réalisation de ce geste quotidien est parfois pénible et douloureuse. Chez l'enfant, la zone dédiée à l'effraction cutanée est plus petite et la peau est plus fine au niveau de la pulpe du doigt ; ce qui induit une plus grande sensibilité. Par chance, les systèmes auto-piqueurs actuels sont de mieux en mieux tolérés et l'effraction est presque totalement indolore.

Le prélèvement est effectué au moyen d'un stylo auto-piqueur sur lequel est fixé un barillet de plusieurs lancettes. Le patient doit positionner le stylo sur le côté du doigt afin d'éviter toute perte de sensibilité au niveau de la pulpe (Figure 27). Les doigts de la pince (pouce et index) doivent être épargnés car beaucoup sollicités au quotidien.

La goutte de sang prélevée est ensuite mise en contact avec la bandelette du lecteur de glycémie afin d'afficher, en quelques secondes, la glycémie capillaire du patient par capillarité. Les bandelettes sont à usage unique et doivent être jetées après chaque utilisation.

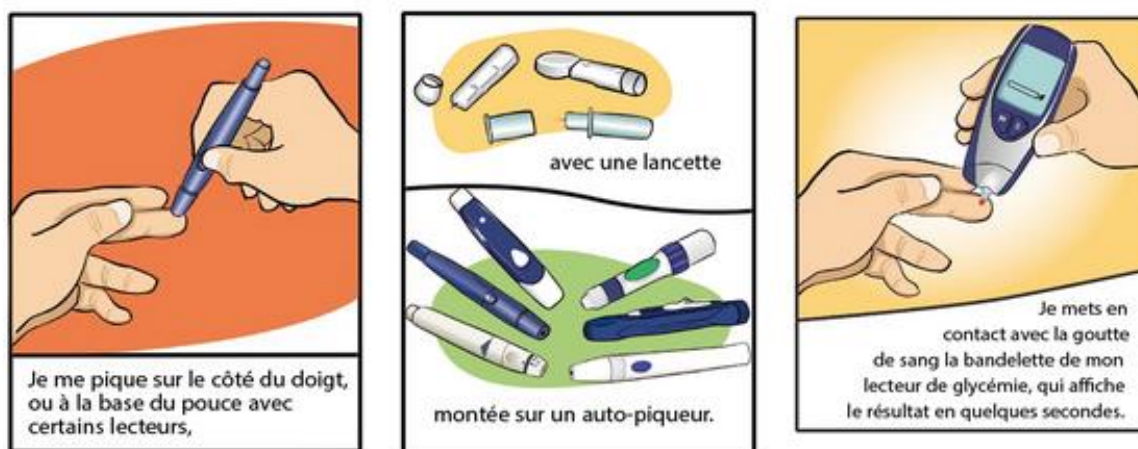


Figure 27 : Principe de l'ASG classique (AJD) [79]

Comme pour le matériel d'injection, celui destiné à la mesure des glycémies capillaires est personnel et propre à chaque enfant : il ne doit donc pas être prêté ni échangé avec des copains diabétiques.

Annexe n°3 : Un prélèvement capillaire réussi et sans douleur (Fédération Française des Diabétiques) [80].

c) Recueil des données

Les valeurs de glycémie doivent être notées dans un carnet adapté (Figure 28) ou par le biais d'un logiciel spécifique afin de conserver une trace et d'interpréter à *posteriori* les résultats. Le format papier est apprécié par les parents de jeunes enfants afin de faciliter le transfert d'information entre les différents intervenants de la maladie (professionnels de santé ou entourage). Aujourd'hui, les nouveaux lecteurs ont la capacité de mémoriser instantanément les taux de glycémie après réalisation.

Mon tableau de suivi

	Glycémie au réveil	Insuline matin	Glycémie après petit-déj	Glycémie avant déjeuner	Insuline midi	Glycémie après déjeuner	Glycémie au goûter	Insuline goûter	Glycémie avant dîner
Lundi		B :			B :			B :	
		G :			G :			G :	
Mardi		B :			B :			B :	
		G :			G :			G :	
Mercredi		B :			B :			B :	
		G :			G :			G :	
Jeudi		B :			B :			B :	
		G :			G :			G :	
Vendredi		B :			B :			B :	
		G :			G :			G :	
Samedi		B :			B :			B :	
		G :			G :			G :	
Dimanche		B :			B :			B :	
		G :			G :			G :	

G : glucides ; B : bolus

Semaine du / / au / / Poids

Je suis en hypo Je suis en hyper Je suis bien

Insuline soir	Glycémie après dîner	Glycémie au coucher	Insuline nuit	Glycémie lendemain matin	S	A	Observations
B :							KT <input type="checkbox"/> Heure :
G :			G :				KT <input type="checkbox"/> Heure :
B :							KT <input type="checkbox"/> Heure :
G :			G :				KT <input type="checkbox"/> Heure :
B :							KT <input type="checkbox"/> Heure :
G :			G :				KT <input type="checkbox"/> Heure :
B :							KT <input type="checkbox"/> Heure :
G :			G :				KT <input type="checkbox"/> Heure :
B :							KT <input type="checkbox"/> Heure :
G :			G :				KT <input type="checkbox"/> Heure :

S : présence de sucre dans les urines ; A : présence d'acétone ; KT : changement de cathéter (bien indiquer l'heure de changement).

Figure 28 : Carnet d'autosurveillance glycémique chez l'enfant (Dinno Santé) [81]

5. La mesure continue du glucose en pédiatrie

Les dispositifs de Mesure Continue du Glucose (MCG) représentent une nouvelle alternative à l'ASG. Ils permettent d'enregistrer en continu la valeur de glucose interstitiel tout au long du cycle nyctéméral.

a) Intérêts de la MCG

Les systèmes de MCG permettent l'obtention automatique du taux de glucose interstitiel toutes les cinq minutes ainsi que le sens de variation de ce glucose ; contrairement aux glycémies capillaires classiques qui ne donnent la valeur de glycémie qu'à un instant donné.

Pour autant, les taux de glucose interstitiel ne sont pas parfaitement corrélés aux taux de glycémie capillaire. Il existe un léger décalage entre les deux puisqu'après ingestion de glucose, celui-ci passe d'abord dans la circulation sanguine avant de rejoindre le liquide interstitiel. Ainsi, lors d'une hyperglycémie, l'augmentation du taux de glucose interstitiel est légèrement retardée par rapport au taux de glycémie capillaire (Figure 29) [82].

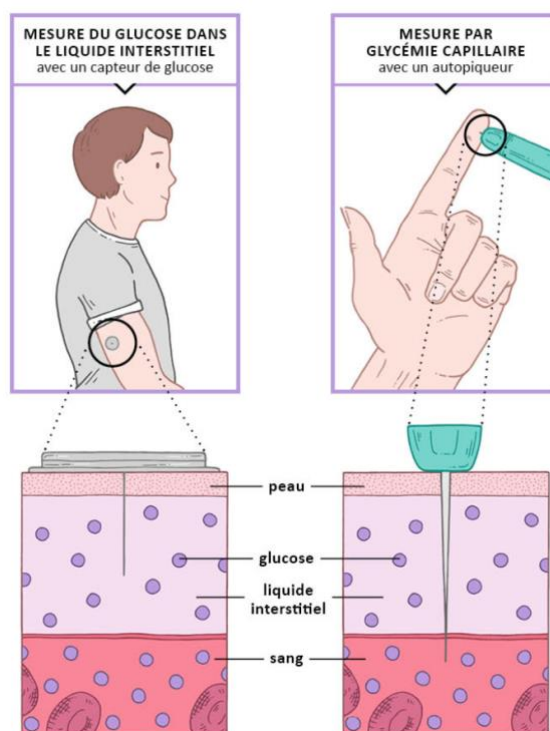


Figure 29 : Principe de mesure ; glycémie interstitielle versus glycémie capillaire [82]

L'ASG régulière ne donne une valeur de glycémie qu'à un instant donné. Ainsi, entre deux valeurs normoglycémiantes, la glycémie du patient peut osciller et passer par des phases d'hypo et/ou d'hyperglycémie. La MCG permet ainsi d'observer les variations pluriquotidiennes de glycémie.



Figure 30 : Courbe glycémique sur 24 h [62]

La MCG révèle ainsi les excursions hypo- ou hyperglycémiques (Figure 30) responsables du déséquilibre glycémique et d'une mauvaise valeur d'HbA_{1c} [62].

b) Recommandations pédiatriques

Les recommandations pédiatriques internationales [77, 83] s'accordent à dire que la MCG est indiquée chez les enfants ou adolescents atteints de DT 1 qui, malgré une insulinothérapie intensifiée, une ASG contrôlée et une ETP appropriée, présentent :

- Une valeur d'hémoglobine glyquée supérieure aux recommandations
- Des hypoglycémies modérées et/ou sévères : fréquentes, nocturnes et parfois non ressenties par l'enfant

c) Principe de fonctionnement

Les dispositifs actuels de MCG sont généralement constitués de trois éléments :

- Un **capteur**, placé sous la peau et mesurant le glucose interstitiel grâce à l'émission d'un signal électrique (dont l'intensité varie selon la concentration en glucose)
- Un **transmetteur**, responsable de la transmission du signal électrique du capteur au récepteur
- Un **récepteur** (moniteur d'analyse de données) qui reçoit le signal à intervalles réguliers et affiche instantanément les données ; ce récepteur peut être une pompe à insuline (perspective du pancréas artificiel), un lecteur de glycémie ou un moniteur externe dédié à l'affichage des informations reçues par le transmetteur

A l'heure actuelle, il existe deux grands modes d'utilisation de la MCG :

- L'enregistrement de la glycémie « à l'aveugle » par les outils d'**holters glycémiques**
- La mesure de la glycémie « en continu » par les **systèmes de mesure en temps réel** dont nous détaillerons principalement le capteur FreeStyle Libre® (dont l'utilisation est majoritaire dans la population pédiatrique)

d) Holter glycémique

Les Holvers glycémiques (Figure 31) sont des systèmes rétrospectifs de mesure en continu du glucose. Ils sont utilisés à visée diagnostique afin de mettre en évidence le profil glycémique d'un patient et les causes éventuelles d'un déséquilibre glycémique.

Les indications pédiatriques les plus fréquentes sont majoritairement la suspicion d'hypoglycémies (non détectées par une ASG classique) et/ou l'adaptation de la dose basale d'insuline (souvent difficile pour les enfants en bas âge) [84].



Figure 31 : Capteurs de glucose Medtronic [85]

Une électrode est implantée, en sous-cutané, le plus fréquemment au niveau ombilical et enregistre les valeurs de glucose interstitiel en continu. Pour autant, le patient n'a pas accès à l'information en temps réel puisque les données sont lues et analysées rétrospectivement par un professionnel de santé lors de la dépose du dispositif, le plus souvent à 1, 2 et 3 semaines. Ensuite, des changements pourront être effectués afin d'adapter précisément le traitement.

e) MCG et pancréas artificiel

Parmi les autres systèmes de MCG utilisables en pédiatrie, il peut être intéressant de citer :

- Le dispositif Dexcom G4® Platinum (Figure 32), qui fonctionne indépendamment d'une pompe à insuline
- Le capteur Enlite3® de Medtronic, qui peut être couplé aux pompes à insulines Minimed 640G (Figure 33)



Figure 32 : Capteurs Dexcom G4® Platinum (Dinno Santé) [86]



Figure 33 : Capteur Enlite® couplé à la pompe à insuline Minimed 640G [82]

Ces deux dispositifs reposent sur la perspective d'une boucle fermée et n'ont donc pas la finalité d'holter glycémique. Ils sont respectivement remboursés depuis le 1^{er} Mars 2018 (pour capteur Enlite3® de Medtronic) et depuis fin juin 2019 (pour le capteur Dexcom G4® Platinum).

f) Les systèmes de mesure en temps réel : exemple du capteur FreeStyle libre ®

A l'heure actuelle, il existe également d'autres systèmes de MCG permettant un accès en temps réel aux valeurs de glycémies. Ces systèmes de mesure fonctionnent sur le même principe que les holters glycémiques sauf que les valeurs de glucose interstitiel peuvent être visualisées toutes les cinq minutes et sont donc accessibles au patient. Des flèches de tendance sont associées aux valeurs de glycémie afin de visualiser les variations plus ou moins importantes du taux de glucose.

Le FreeStyle Libre® (Abbott Diabetes Care, Witney, Oxon, UK) est le premier dispositif de contrôle continu du glucose doté d'un système flash de lecture [87] (*Flash glucose monitoring*) (Figure 34).



Figure 34 : Capteur FreeStyle Libre [83]

Le laboratoire Abbott a obtenu le marquage CE en Février 2016 permettant de valider l'utilisation de ce dispositif utilisation chez l'enfant dès l'âge de 4 ans.

(1) Caractéristiques techniques

Remboursé depuis le 1^{er} Juin 2017, ce capteur de la taille d'une pièce de deux euros est l'un des dispositifs les plus innovants en matière d'ASG. Son utilisation ne nécessite plus aucun calibrage et permet au patient de consulter, à tout moment, son taux de glucose [84]. Son développement permet ainsi de renforcer l'efficacité de l'ASG et d'améliorer la valeur d'HbA_{1c}.

Le capteur doit être positionné à l'arrière de la partie supérieure du bras. Il est opérationnel pendant 14 jours et doit donc être changé à une fréquence de deux fois par mois. Il est adhésif, étanche et peut donc être porté pendant le bain, la douche et lors d'activités nautiques telles que la piscine. Il ne comporte pas d'aiguille, mais uniquement une petite électrode en sous-cutané qui capte le glucose interstitiel en continu.

A ce capteur est associé un lecteur glycémique utilisable pour scanner le capteur et obtenir une valeur de glycémie instantanée. Toutefois, il est également utilisable pour mesurer une glycémie capillaire et/ou une cétonémie de façon classique par le biais d'un prélèvement capillaire ([Figure 35](#)).



[Figure 35](#) : Lecteur FreeStyle Libre [88]

Il dispose d'une triple fonction puisqu'il affiche :

- La valeur instantanée de glucose interstitiel
- Une courbe de la glycémie des huit dernières heures
- Une flèche de tendance, qui quantifie l'intensité de la variation du glucose interstitiel qui vient d'être mesuré
 - \uparrow , signifie que le taux de glucose interstitiel augmente (entre 1 et 2 mg/dL/min)
 - \downarrow , signifie que le taux de glucose interstitiel diminue (entre 1 et 2 mg/dL/min)
 - \nearrow , signifie que le taux de glucose interstitiel augmente rapidement (plus de 2 mg/dL/min)
 - \searrow , signifie que le taux de glucose interstitiel diminue rapidement (moins de 2 mg/dL/min)
 - \rightarrow , signifie que le taux de glucose interstitiel varie peu

(2) Avantages et inconvénients

Ce dispositif révolutionne la prise en charge du diabète chez l'enfant et l'implique davantage dans sa maladie, en le rendant plus indépendant. Un simple scan devant le lecteur permet d'afficher le taux de glucose interstitiel. Cela représente un gain de temps, mais aussi une alternative à l'effraction cutanée, parfois mal vécue et douloureuse chez l'enfant. Les données sont ensuite enregistrées et peuvent être consultées ultérieurement par les parents et les professionnels de santé (cf. applications décrites partie (4) Applications).

La limite à ce dispositif est qu'il existe un décalage de quelques minutes entre la glycémie capillaire et le taux de glucose interstitiel. Si la valeur de glucose interstitiel indiquée par le système semble ininterprétable (à la limite de l'hypo ou de l'hyperglycémie), il est fortement recommandé d'effectuer une glycémie capillaire pour confirmer le résultat [10].

L'étude Beagle réalisée au Royaume-Uni sur un panel de 89 patients diabétiques âgés de 4 à 17 ans indique que le système FreeStyle Libre est précis, stable et constant pendant sa durée d'utilisation et ne nécessite pas systématiquement de contrôle par glycémie capillaire [89].

(3) Modalités de prescription

Les indications du FreeStyle Libre sont limitées aux patients adultes et aux enfants d'au moins 4 ans présentant un DT 1 ou DT 2 traité par insulinothérapie intensifiée (au moins trois injections quotidiennes d'insuline ou pompe externe) et pratiquant une ASG pluriquotidienne [90, 91].

La prescription initiale doit être réalisée par un diabétologue ou pédiatre expérimenté en diabétologie sur une ordonnance « Affection de Longue Durée » (ALD) pour une période d'essai d'un à trois mois. A l'issue de cette période, il convient d'évaluer la tolérance du dispositif et sa bonne utilisation par le patient avant d'établir une prescription définitive. Les renouvellements ultérieurs pourront ensuite être effectués par le médecin généraliste mais il faut obligatoirement qu'il y ait eu une primo-prescription de six mois par un diabétologue [91].

La prise en charge du dispositif est conditionnée à une délivrance par le pharmacien d'officine et exclut donc toute acquisition sur internet. Le pharmacien d'officine doit veiller à ne pas délivrer plus de deux capteurs par mois ; le nombre de capteurs totaux pris en charge étant limité à 26 par patient et par an [91, 92]. Ces règles doivent absolument être respectées pour éviter de compromettre la pérennisation du remboursement de ce dispositif.

(4) Applications

FreeStyle LibreLink (Figure 36)

Le FreeStyle LibreLink est une application utilisée pour mesurer le taux de glucose sanguin dans le liquide interstitiel dès l'âge de 4 ans. Son utilisation chez l'enfant de 4 à 12 ans doit être supervisée par un adulte [93]. Chez l'adolescent, cette application a beaucoup d'intérêt puisque les différentes fonctionnalités des smartphones sont généralement bien maîtrisées et appréciées à cet âge.



Figure 36 : Application FreeStyle LibreLink [93]

Elle est téléchargeable sur Smartphone (iPhone/Android) et permet de remplacer le lecteur FreeStyle Libre. Le principe est le même qu'avec le lecteur puisqu'un simple passage devant le capteur permet d'afficher instantanément :

- Le taux de glucose interstitiel actuel, associé à un code couleur ([Figure 37](#))
 - Vert : taux de glucose dans la cible (paramétrée préalablement)
 - Orange : taux de glucose très élevé (supérieur à 240 mg/dL)
 - Jaune : taux de glucose entre la cible et un taux de glucose inférieur à 240 mg/dL ou supérieur à 70 mg/dL
 - Rouge : taux de glucose bas (inférieur à 70 mg/dL)
- La flèche de tendance, permettant d'observer l'évolution du taux de glucose
- L'historique des huit dernières heures
- La possibilité d'ajouter un commentaire : consommation de nourriture ? pratique d'une activité physique ? injection d'une insuline à action rapide ou lente ?



Figure 37 : Durée dans la cible (Application FreeStyle LibreLink) [93]

En fonction des mesures de glycémie effectuées, l'application calcule automatiquement des rapports permettant de guider l'enfant et/ou sa famille sur plusieurs paramètres :

- Le temps passé dans la cible
- Les éventuels événements hypoglycémiques sur 24h
- Une estimation de l'hémoglobine glyquée

Des dépliants sur l'application FreeStyle LibreLink sont disponibles en pharmacie d'officines, à destination des patients mais aussi des professionnels de santé.

FreeStyle LibreLinkUp

Cette deuxième application a un intérêt tout particulier chez l'enfant et/ou l'adolescent puisqu'elle permet aux parents de recevoir à distance les résultats des valeurs de glycémie mesurées.

FreeStyle LibreView

Les données peuvent également être partagées avec les professionnels de santé, de manière sécurisée, afin d'assurer un suivi en temps réel.

Ces trois applications (FreeStyle LibreLink, LibreLinkUp et LibreView) s'intègrent dans une démarche de modernité et optimisent la surveillance de la glycémie au quotidien (Figure 38).



Figure 38 : Les 3 applications connectées au FreeStyle Libre [94]

(5) FreeStyle Libre 2 en approche

La nouvelle version du FreeStyle Libre a fait son apparition sur le marché français depuis le mois de mars 2020. Elle n'est pas encore remboursée en France mais disponible à l'achat sur le site commercial FreeStyle libre.

Un système d'alarme « en temps réel » est intégré au lecteur et s'active en cas d'hypo- ou hyperglycémie. L'alerte est donnée par un signal sonore et/ou une vibration. Le patient est également prévenu en cas de perte de connexion entre le capteur et le lecteur [95].

Si le patient ne souhaite pas bénéficier de ces nouvelles fonctionnalités, il est possible de désactiver les alarmes [96, 97]. Quant aux autres fonctionnalités, elles restent identiques (taux de glucose interstitiel, flèche de tendance et historique des 8 dernières heures).

6. A l'avenir

Dans un avenir proche, les avancées technologiques en matière d'autosurveillance glycémique présagent d'améliorer les résultats métaboliques (HbA_{1c} fidèle aux objectifs, moins d'hypoglycémies et de variabilité glycémique) tout en réduisant les contraintes pour les enfants, adolescents et leur famille [84].

De nombreux autres dispositifs de MCG sont au cœur des études de pancréas artificiel. C'est le cas notamment des capteurs Dexcom G5 et G6 ® (Dinno Santé), actuellement au cœur de l'étude FreeLife Kid AP, dont le remboursement n'est pas encore prévu en France.

Les caractéristiques des trois dispositifs cités (FreeStyle Libre, Minimed® 640G et Dexcom G4® platinum) sont plus amplement décrits dans l'annexe n°4 (Caractéristiques des dispositifs de Mesure du glucose en continu (MGC) remboursés) réalisée par la fédération française des diabétiques [82].

IV. COMPLICATIONS

Les complications du DT 1 sont rares chez l'enfant et l'adolescent diabétique. Elles sont, le plus souvent, à l'origine d'un diabète déséquilibré et/ou non correctement contrôlé.

L'enjeu majeur du traitement d'un enfant diabétique de type 1 consiste à prévenir les complications dégénératives à l'âge adulte : complications oculaires, rénales, neurologiques, cardiovasculaires.

A. Complications aiguës

L'hypoglycémie et l'acidocétose sont les deux principales complications aiguës du DT 1 chez l'enfant. Elles sont rarement spontanées et surviennent généralement suite à une inadéquation entre la dose d'insuline administrée et l'alimentation ou l'activité physique pratiquée [2].

Ces deux complications doivent être immédiatement prises en charge pour éviter la mise en jeu du pronostic vital de l'enfant. Les circonstances de survenue doivent être analysées afin de comprendre ce qui a motivé l'apparition du phénomène pour en éviter sa récurrence.

1. Hypoglycémie

a) Seuil hypoglycémique

L'hypoglycémie correspond à une diminution du taux de glucose dans le sang. Elle est définie par une valeur de glycémie inférieure à 0,60 g/L (3,3 mmol/L) chez le patient diabétique.

Il est possible de considérer que l'enfant est en hypoglycémie dès lors que sa glycémie est inférieure à 0,70 g/L (3,9 mmol/L). Le seuil hypoglycémique applicable à l'enfant sera déterminé par son médecin [98, 99].

b) Phénomène de contre-régulation

Chez un enfant non diabétique, l'organisme est capable de lutter contre l'hypoglycémie en produisant des hormones de contre-régulation afin de rétablir un équilibre normoglycémique. En revanche, chez un enfant diabétique, l'hypoglycémie ne pourra pas être corrigée spontanément.

Une hypoglycémie sévère est redoutée puisqu'elle peut entraîner une défaillance des hormones de contre-régulation, qui ne pourront plus assurer la correction spontanée du déséquilibre glycémique [2].

Le glucagon est l'hormone de contre-régulation essentielle dans l'hypoglycémie. Elle a une action hyperglycémisante en stimulant la glycogénolyse et la néoglucogenèse hépatique afin de permettre la libération et/ou formation de glucose. D'autres hormones agissent en synergie avec le glucagon : notamment les catécholamines, dont la sécrétion est plus importante chez l'enfant (par rapport à l'adulte) lors d'une hyperglycémie, le cortisol et l'hormone de croissance [100].

c) Symptomatologie

La détection d'une hypoglycémie s'avère parfois compliquée dans la population pédiatrique puisque l'enfant n'est pas toujours communicant. Les parents doivent donc vite apprendre à reconnaître les signes d'alertes propices à une baisse de glycémie de leur enfant.

Parmi les signes annonciateurs d'une hypoglycémie, des signes adrénergiques sont majoritairement retrouvés tels que les tremblements, palpitations, sueurs et la pâleur. Ces signes seront ensuite à l'origine d'une neuro-glycopenie (Tableau 5).

Chez l'enfant, l'hypoglycémie se manifeste généralement par des troubles de la concentration et du comportement. On note également des troubles de la mémorisation, de la vision, de l'élocution, de l'audition et parfois de la marche. Certains enfants peuvent également présenter des symptômes de type confusion, marche instable, cauchemar, irritabilité et pleurs inconsolables. Dans les cas les plus graves, des convulsions voire un coma peuvent apparaître.

Enfin, des signes non spécifiques peuvent être décrits avec notamment la faim, les céphalées, l'asthénie et les nausées.

Selon la symptomatologie clinique, les hypoglycémies sont classées en deux catégories : **hypoglycémies mineures** (ou non sévères) et les **hypoglycémies majeures** (ou sévères). La conduite à tenir sera différente et adaptée à chaque situation clinique.

SYMPTÔMES D'HYPOGLYCEMIE	
Réaction neurologique	Neuroglycopenie
<p><u>Signes adrénérgiques :</u></p> <p>Tremblements</p> <p>Tachycardie</p> <p>Anxiété</p> <p><u>Signes cholinérgiques :</u></p> <p>Sueurs</p> <p>Faim</p> <p>Paresthésie</p>	<p>Difficultés de concentration</p> <p>Fatigue</p> <p>Faiblesse</p> <p>Sensation de chaleur</p> <p>Difficultés à parler</p> <p>Incoordination</p> <p>Troubles du comportement</p> <p>Coma</p> <p>Convulsions</p> <p>Cécité corticale, hémiparésie</p>

Tableau 5 : Symptômes d'hypoglycémie [100]

d) Traitement et prévention

(1) Hypoglycémies mineures

Les hypoglycémies mineures sont généralement perçues par le sujet diabétique. Pour autant, chez les jeunes enfants, l'hypoglycémie ne sera pas toujours verbalisée. Les parents doivent alors apprendre à reconnaître les signes d'alertes de leur enfant ; généralement une modification soudaine du comportement de l'enfant oriente la famille vers la possibilité d'une hypoglycémie.

Ces hypoglycémies seront rapidement corrigées par simple resucrage par voie orale. Le resucrage dépend du schéma thérapeutique de l'enfant (schéma basal/bolus ou pompe à insuline), de son poids et de la proximité de l'épisode par rapport au repas. Il comprend toujours un sucre à index glycémique élevé (morceau de sucre ou jus de fruit) permettant une élévation rapide de la glycémie. Si l'épisode hypoglycémique survient à distance d'un repas, il est possible d'ajouter un sucre à index glycémique bas afin de couvrir l'hypoglycémie jusqu'au prochain apport glucidique (cf. V. Prise en charge nutritionnelle, 2. Apports glucidiques, c) Théorie des sucres lents et rapides).

L'efficacité du resucrage doit être vérifiée 15 à 30 minutes après par mesure d'une glycémie capillaire. S'il n'a pas permis de normaliser la glycémie, il peut dans ce cas être réitéré.

Si un enfant porteur d'une pompe à insuline présente une hypoglycémie, il est possible de diminuer voire de stopper le débit basal afin de limiter l'intensité de l'hypoglycémie.

(2) Hypoglycémies majeures

Les hypoglycémies sévères peuvent avoir des conséquences sur le développement neurologique de l'enfant. Une intervention extérieure doit donc permettre l'ingestion de glucides.

Dans les cas les plus graves, l'enfant peut présenter des convulsions ou perdre connaissance. Il s'agit donc d'une urgence thérapeutique. Seule l'injection de glucagon (Glucagen®) permet de remonter la glycémie afin de préserver notamment les fonctions cérébrales. L'injection peut être réalisée par voie intramusculaire ou sous-cutanée et nécessite donc la formation des parents et de l'entourage. Dès son réveil, l'enfant doit être obligatoirement resucré par voie orale.

2. Acidocétose diabétique

Le phénomène acido-cétosique est une complication aiguë grave du DT 1 liée à un déficit complet en insuline. La carence insulinaire conduit alors à une hyperglycémie et une lipolyse à l'origine de l'activation de la bêta oxydation, qui sera responsable de la production de corps cétonique par le foie [100].

a) Circonstances de survenue

L'acidocétose peut survenir lors du diagnostic de DT 1 chez l'enfant (c'est-à-dire au stade inaugural de la maladie) ; mais également en cas d'arrêt délibéré ou accidentel de l'apport en insuline (arrêt de perfusion par pompe à insuline, oubli d'injection de d'insuline lors du schéma basal/bolus) ou d'affections intercurrentes (infections avec fièvre, stress) [2].

b) Signes cliniques

La production de corps cétoniques chez l'enfant a pour conséquence directe une acidose métabolique avec des risques de déshydratation et troubles hydro-électrolytiques. Parmi les principaux signes cliniques de l'acidocétose, on retrouve [100, 101] :

- Nausées, vomissements et douleurs abdominales
- Dyspnée de Kussmaul ou tachypnée
- Signes du syndrome cardinal : polyurie, polydipsie et amaigrissement
- Halitose : odeur acétonémique de l'haleine caractéristique (ou plus communément, odeur de « pomme verte »)
- Troubles de la conscience allant jusqu'au coma dans les cas les plus graves

c) Traitement

Le traitement de l'acidocétose passe par une hospitalisation de l'enfant en urgence. L'apport d'insuline constitue la 1^{ère} mesure à effectuer afin de traiter l'hyperglycémie et de faire régresser l'acidocétose. La prise en charge globale dépendra de l'intensité des signes cliniques et de la présence ou non de facteurs aggravants (infections en cours, jeune âge) [2].

d) Prévention

(1) Au quotidien

Lorsque l'enfant présente une hyperglycémie (> 2,5 g/L soit 14 mmol/L), la recherche de corps cétoniques doit obligatoirement être vérifiée afin d'éviter l'évolution vers l'acidocétose. Les 1^{ers} signes de la cétose correspondent aux signes d'une hyperglycémie et doivent être rapidement repérés chez l'enfant afin de permettre une prise en charge immédiate.

Si des corps cétoniques sont détectés dans le sang, il faut rapidement corriger l'hyperglycémie en injectant une dose d'insuline rapide supplémentaire (un protocole est généralement réalisé par le diabétologue de l'enfant afin de connaître les doses d'insuline à injecter selon les valeurs de cétonémie). Malgré l'hyperglycémie, l'enfant doit manger normalement. Toutefois, il doit éviter de se dépenser et se mettre au repos jusqu'à disparition de l'acétonémie.

(2) Au moment du diagnostic

La fréquence de l'acidocétose lors du diagnostic de DT 1 chez l'enfant et l'adolescent étant très élevée en France, des campagnes de prévention ont été mises en place afin d'informer les professionnels de santé et le grand public [101].

Une étude réalisée par l'AJD en 2010 révèle que près de 50% de la population pédiatrique présente une acidocétose lors du diagnostic (45% des enfants et adolescents tout âge confondu et 55% chez les moins de 5 ans) [102].

Une affiche de prévention a donc été réalisée par la Commission pédagogique de l'AJD (Figure 39) et diffusée dans les hôpitaux, les cabinets médicaux, les écoles et crèches afin de sensibiliser les professionnels de santé et les familles à la reconnaissance des symptômes d'alerte et de l'urgence diagnostique.

ATTENTION URGENCE

Votre enfant boit et urine plus que d'habitude, il a recommencé à faire pipi au lit.



Consultez un médecin dès aujourd'hui.

Un enfant aussi peut avoir un diabète

FICHE D'AIDE AU DIAGNOSTIC DIABÈTE DE TYPE 1

Symptômes de l'hyperglycémie

- Énurésie nocturne chez un enfant habituellement "propre".
- Polyurie, polydipsie.
- Fatigue.
- Perte de poids.
- Douleurs abdominales, vomissements (cétose).
- Respiration rapide (acidocétose).

Diagnostic du diabète au cabinet

Glycosurie (+/- cétonurie)
- par bandelette urinaire.

ET/OU Hyperglycémie
- par bandelette sur sang capillaire.

- Quels que soient les symptômes, l'enfant est dirigé **sans attendre** vers les urgences pédiatriques hospitalières les plus proches.
- Aucun autre examen biologique n'est nécessaire.

Critères du diabète*

Glycémie $\geq 1,26$ g/l à Jeun
ou ≥ 2 g/l à tout autre moment de la journée

*P. Drouin et al., Diabetes and Metabolism, 1999.



Pour en savoir plus, consultez le site www.ajd-diabete.fr



Pour en savoir plus, consultez le site www.ajd-diabete.fr



Figure 39 : Campagne d'information de l'AJD. Affiche destinée au grand public (à gauche). Fiche d'aide au diagnostic destinée aux professionnels de santé (à droite)

[102]

Cette campagne de 2010 a permis de diminuer la fréquence des acidoses de près de 30%, ce qui représente une valeur non négligeable au sein de la population pédiatrique.

Le suivi de la fréquence de l'acidocétose est primordial afin de réduire les complications de la maladie dès son diagnostic. Il faut donc continuer à encourager la prévention primaire dans le domaine de la diabétologie en véhiculant en masse des informations utiles et ciblées sur la maladie.

B. Complications chroniques

La gravité du DT 1 est liée au risque de complications dégénératives à long terme. Ces complications sont corrélées à la valeur de l'HbA_{1c} et peuvent donc être maîtrisées par un traitement adéquat et une surveillance glycémique rigoureuse.

Les complications vasculaires sont rares chez l'enfant mais peuvent apparaître plusieurs années après le diagnostic de la maladie. Parmi ces complications, on retrouve [23] :

- Les **complications micro-vasculaires** qui comprennent la rétinopathie, la neuropathie et la néphropathie diabétique(s) ; bien que plus fréquentes chez l'enfant atteint de DT 2 plutôt que de DT 1
- Les **complications macro-vasculaires** qui comprennent les maladies coronariennes, les maladies vasculaires périphériques et les accidents vasculaires cérébraux

Le développement de ces complications à long terme s'apparente majoritairement à un contrôle glycémique médiocre et insuffisant.

Plusieurs études épidémiologiques, dont celles réalisées par le *Diabetes Control and Complications Trial* (DCCT) et l'*Epidemiology of Diabetes Interventions and Complications* (EDIC) démontrent l'importance d'un bon équilibre glycémique à long terme et le caractère néfaste d'une hyperglycémie chronique sur l'apparition des complications micro- et macro-angiopathiques [26, 103, 104].

Ces études ont également montré l'existence d'une « *mémoire métabolique* » suggérant à l'organisme d'enregistrer les déséquilibres survenus plusieurs années auparavant. Un mauvais équilibre glycémique pendant plusieurs années peut donc pénaliser le patient ayant depuis repris de bonnes habitudes [26].

Un traitement intensifié, dès le plus jeune âge, associé à de bonnes valeurs d'hémoglobine glyquée réduit donc significativement les risques de développer des complications à l'âge adulte [2].

C. Problèmes psycho-sociaux

La survenue du diabète chez l'enfant ou l'adolescent n'est pas une situation banale. Comme dans toute maladie, la composante humaine et l'impact sur la vie familiale et sociale impliquent des adaptations. Le diabète peut être ressenti comme un « intrus » qui s'imisce dans une vie bien rangée [105].

Une personne diabétique aura toujours un rapport au corps particulier, plus fort. La peau est une barrière psychique qui dévoile les émotions. Les multiples injections fragilisent la peau et peuvent être perçues par l'enfant comme des cicatrices relatant la réalité de la pathologie. Le regard des autres est parfois mal vécu, notamment dans la population pédiatrique, soumise à la normalité.

Un suivi psychologique peut être proposé à l'enfant, l'adolescent et/ou ses parents afin qu'ils puissent se livrer et confier leurs craintes face à la maladie. La parole s'avère parfois libératrice et fait partie de la prise en charge de toute maladie chronique.

V. PRISE EN CHARGE NUTRITIONNELLE

La prise en charge nutritionnelle est un élément majeur dans le traitement du diabète chez l'enfant puisqu'à eux seuls, les traitements ne suffisent pas. L'éducation nutritionnelle est donc programmée d'emblée suite au diagnostic de la maladie [2, 106].

A. L'alimentation : un accompagnement indispensable à la maladie

Le diabète oblige au contrôle qualitatif et quantitatif de nombreux aliments lors du repas. Il faut éduquer l'enfant et sa famille à une nouvelle façon d'appréhender l'alimentation en tenant compte de nouvelles contraintes relatives à la maladie.

La perception hédonique et sociale de l'alimentation doit être conservée afin de modifier de manière judicieuse les habitudes alimentaires ; sans penser à la perte de liberté que la maladie peut engendrer [107].

Le changement des habitudes alimentaires lors de l'enfance est accompagné d'une dimension familiale tout particulière puisqu'il inclut les parents et la fratrie à la démarche.

L'alimentation fait partie intégrante du traitement du DT 1 et se doit d'être constamment réévaluée. Des apports alimentaires calculés permettent de limiter les variations glycémiques et de favoriser un équilibre nutritionnel optimal. Un suivi approfondi par des spécialistes de la nutrition est conseillé afin de limiter les incidents et de permettre à l'enfant de consommer des aliments qu'il aime, en quantité raisonnable et adaptée.

B. Besoins nutritionnels de l'enfant

Les besoins nutritionnels de l'enfant diabétique sont identiques à ceux d'un enfant exempt de pathologie. L'alimentation apporte un équilibre nutritionnel, qui se doit d'être respecté, afin de favoriser une croissance harmonieuse de l'enfant. Elle participe au développement somatique, psychomoteur, social et affectif de chacun et occupe une place majeure dans le quotidien.

1. Apports nutritionnels

Les références nutritionnelles en macronutriments (protéines, lipides, glucides) sont définies par l'Agence Nationale de la sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) dans le rapport « Actualisation des repères du PNNS : élaboration des références nutritionnelles » (Décembre 2016) [108].

Population	Protéines	Lipides	Glucides
0-1 ans	7 à 15%	50 à 55% de 0 à 6 mois puis évolution progressive jusqu'à 45-50% à 1-3 ans	40 à 50%
1-3 ans	6 à 15%	45-50%	
3-5 ans	6 à 16%	Réduire progressivement jusqu'à 35-40% chez l'adulte	Augmenter progressivement jusqu'à 40 à 55% chez l'adolescent
6-9 ans	7 à 17%		
10-13 ans	9 à 19%		
14-17 ans	10 à 20%		

Tableau 6 : Références nutritionnelles en macronutriments (intervalles de référence en % de l'AET pour l'enfant) [109]

Le tableau 6 illustre les besoins en macronutriments de l'enfant en pourcentage de l'apport énergétique total (AET) ; à noter que ces besoins varient selon l'âge.

Chez l'enfant diabétique, des apports alimentaires réguliers sont obligatoires puisqu'ils permettent de limiter les variations glycémiques. Ils doivent être adaptés aux besoins de l'enfant (selon l'âge et le statut pondéral notamment). Il faut également prendre en compte les dépenses énergétiques de l'enfant et s'il pratique ou non une activité physique.

Les apports nutritionnels recommandés (ANR) varient donc selon la population concernée. Néanmoins, les besoins de l'enfant et de l'adolescent se stabilisent progressivement pour s'allier à ceux de la population générale adulte. La répartition des principaux nutriments représente ainsi à l'âge adulte :

- 10 à 15% des AET pour les protéines
- 30 à 35% des AET pour les lipides
- 50 à 55% des AET pour les glucides

2. Apports glucidiques

a) Rôles des glucides

Les glucides (ou hydrates de carbone) sont la principale source énergétique de l'organisme : ils apportent de l'énergie, indispensable au fonctionnement de multiples organes dont le cerveau. Ce ne sont pas des macronutriments essentiels (contrairement aux lipides et aux protéines) puisqu'ils peuvent être synthétisés par notre corps à partir d'autres nutriments.

Ils sont apportés par l'alimentation puis dégradés sous forme de glucose. Une partie du glucose sera ensuite distribuée aux différentes cellules de l'organisme afin qu'elles puissent assurer différentes fonctions physiologiques ; l'autre partie sera quant à elle stockée sous forme de glycogène dans le foie et les muscles afin de former des réserves potentiellement utilisables en cas de baisse de la glycémie.

b) Retentissement sur la glycémie

La croissance de l'enfant nécessite des besoins accrus en glucose. Pourtant, le diagnostic de diabète ne doit pas inciter la famille à réduire les apports glucidiques de l'enfant pour normaliser la glycémie. Ce sont les doses d'insuline qui doivent être adaptées aux apports glucidiques [110].

Chez le diabétique, il est nécessaire de consommer des glucides puisqu'ils participent au contrôle et à l'équilibre du diabète. Selon la quantité de glucides ingérés, la dose d'insuline sera adaptée afin de contrôler l'augmentation de la glycémie. La contrainte majoritaire dans l'alimentation de l'enfant DT 1 repose donc sur une parfaite synchronisation entre glucides ingérés et insuline injectée.

c) Théorie des sucres rapides et lents

Autrefois, les glucides ont été classés en deux catégories [111, 112] :

- **Les glucides d'absorption rapide** (plus communément appelés « sucres rapides ») : ils sont rapidement assimilés par l'organisme et donc responsable d'une élévation importante et brutale de la glycémie
- **Les glucides d'absorption lente** (plus communément appelés « sucres lents »), dont l'assimilation par l'organisme est beaucoup plus longue et durable

Pendant longtemps, les glucides simples (glucose, galactose, fructose) étaient classés dans la catégorie des « sucres rapides » alors que les glucides complexes (amidon notamment) étaient considérés comme des « sucres lents ». Il était alors pensé que l'absorption des glucides variait plus ou moins rapidement selon la complexité de la molécule.

De nombreuses études démontrent que cette classification est complètement désuète puisque l'absorption des glucides est équivalente quelle que soit leur structure. Pour autant, ils ne diffusent pas dans l'organisme à la même allure et induisent ainsi des glycémies différentes [113].

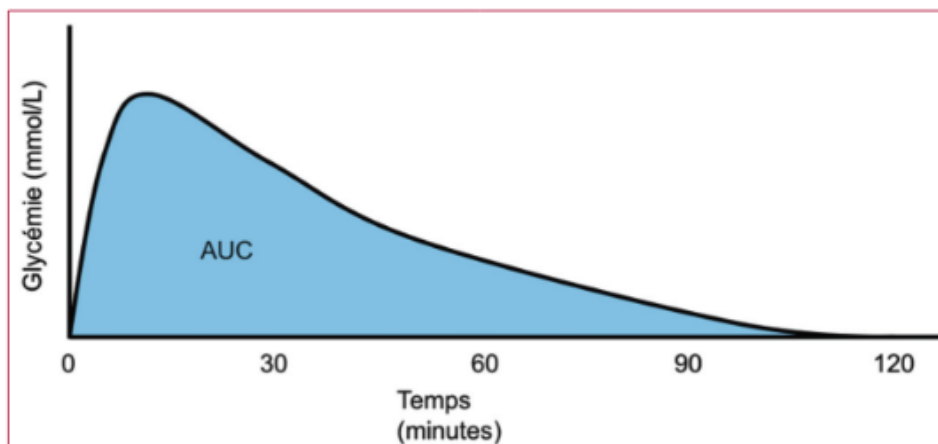
Aujourd'hui, un nouvel outil est utilisé pour définir la teneur en sucre d'un aliment et donc sa capacité à élever la glycémie ; il s'agit de l'index glycémique (IG).

3. Index glycémique (IG)

L'arrivée de glucides dans la circulation sanguine entraîne une élévation de la glycémie. Cette élévation peut être symbolisée par un pic, dont l'amplitude est variable selon la teneur en glucides ingérés et/ou les capacités d'absorption physiologique. Cette amplitude est mesurée par l'IG.

a) Définition

L'IG exprime le degré d'hyperglycémie induit par un aliment [2]. Il se définit comme étant « l'aire sous la courbe de la glycémie durant 2 h après l'ingestion d'une portion de 50 grammes de glucides d'un aliment donné ; il s'exprime en pourcentage en comparaison à un aliment de référence » [114] (Figure 40).



AUC : Area Under the Curve / Aire sous la courbe.

Figure 40 : Définition de l'index glycémique [114]

Il varie selon de nombreux facteurs (type d'aliment, proportion de glucides simples ou complexes, présence de fibres, mode de cuisson, variabilités intra et interindividuelles) [2].

b) Aliments et index glycémique

Les aliments sont répartis en trois catégories [114] :

- **Les aliments à index glycémique bas** (< 55), qui entraînent une élévation lente et progressive de la glycémie
- **Les aliments à index glycémique élevé** (> 70), qui entraînent une élévation rapide et brutale de la glycémie (digestion rapide)
- **Les aliments à index glycémique modéré** ($55 < IG < 70$), qui se classent à la frontière entre les deux précédents

(1) Quel index glycémique favoriser ?

Il est ainsi aisé de comprendre qu'un aliment à IG bas entraîne une élévation lente et progressive de la glycémie ; contrairement à un aliment à IG élevé qui occasionne une élévation plutôt brutale de la glycémie.

Il faut ainsi privilégier les aliments à index glycémique bas ou modéré chez les patients diabétiques puisqu'ils permettent de réduire les épisodes hypoglycémiques et ainsi d'améliorer le contrôle de la glycémie ; dans l'objectif final de diminuer le risque de complications liées au diabète.

Pour autant, il ne faut pas complètement bannir les aliments à IG élevé de l'alimentation : ils permettent une remontée rapide de la glycémie qui peut être utile dans certaines circonstances (resucrage notamment suite à un stress ou une activité physique intense).

Recommander aux patients DT 1 de limiter les aliments à IG élevé représente une contrainte supplémentaire au poids de la maladie. Il faut donc plutôt conseiller la consommation d'aliments moins raffinés, riches en fibres afin de limiter les hausses brutales de glycémie [114].

Le pharmacien s'engage à répondre aux questionnements des familles et à les orienter, si nécessaire, vers un autre professionnel de santé adapté (nutritionniste, diététicien).

(2) Liste non exhaustive d'aliments selon leur IG

Aliments à faible IG [115] :

- Tous les légumes
- Certaines légumineuses : petits pois, pois chiches, lentilles (corail, en conserve)
- Patate douce cuite
- Certains fruits : orange, poire, pomme, abricot, jus de tomate, jus de pomme sans sucre ajouté, jus de pamplemousse sans sucre ajouté

- Certains oléagineux : cacahuètes grillées salées, noix de pécan, noix de cajou salées
- Parmi les céréales : pain intégral, muesli naturel
- Certains produits laitiers : lait entier ou demi écrémé, yaourts pauvres en matière grasses

Aliments à IG élevé [115] :

- Le sucre blanc de table
- Le miel
- La confiture
- Les sucreries
- Les pâtisseries
- La pomme de terre (cuite au four, en purée, ou pelée)
- Le pain et pain de mie blanc

Un tableau des index glycémiques [116] est disponible en annexe n°5 (Indices glycémiques des aliments).

C. Alimentation équilibrée

Le diabète n'est associé à aucun régime alimentaire. Il faut cependant favoriser une alimentation équilibrée et prodiguer des conseils de qualité afin de permettre une croissance harmonieuse de l'enfant. La mise en place de bonnes habitudes alimentaires doit être contrôlée afin de limiter les excursions au-delà des valeurs de glycémie autorisées [32].

Une alimentation équilibrée est souhaitée pour tout enfant mais doit s'adapter au statut physiopathologique de l'enfant, à son appétit et aux habitudes alimentaires et familiales.

1. Rythme des repas et injections

La prise des trois repas par jour est nécessaire à la bonne croissance de l'enfant. Les collations, comme le goûter de l'après-midi, ne doivent pas être négligées. Le goûter est un moment de partage très apprécié chez l'enfant et nécessaire à son bon développement [106].

Le rythme alimentaire doit être adapté au schéma thérapeutique de l'enfant : les repas et/ou collations doivent obligatoirement être pris après une injection d'insuline rapide pour limiter le risque d'hypoglycémie ; à l'inverse, une prise alimentaire lors de l'action d'une insuline lente peut entraîner une hyperglycémie. Il ne faut donc pas fractionner les repas mais uniquement les synchroniser à l'action de l'insuline [2, 32, 106].

L'enfant et sa famille doivent être éduqués au calcul des doses d'insuline selon la quantité de glucides ingérée. Suite à la découverte d'un diabète, l'alimentation des enfants est généralement modélisée sous forme de « parts » associées à une dose prédéfinie d'insuline.

Les entretiens avec la diététicienne permettent de cibler les habitudes alimentaires de la famille et de les modifier au besoin. L'ensemble de la famille (parents, fratrie) doit être impliqué dans ce changement afin que le jeune patient diabétique ne se sente pas lésé et/ou exclu [106].

2. EcartS alimentaires

L'alimentation doit être assez régulière d'un jour à l'autre afin d'adapter les doses d'insuline : il faut trouver un équilibre entre l'alimentation, l'insuline et l'activité physique.

Les sucreries et boissons sucrées ne doivent pas être interdites au risque de frustrer l'enfant et d'engendrer une utilisation cachée. Comme pour tout enfant, leur consommation est possible mais doit être ponctuelle, lors d'une occasion particulière ou d'un anniversaire entre copains.

Chez l'enfant diabétique, il est préférable que leur consommation s'effectue au cours d'un repas afin d'éviter une élévation brutale de la glycémie en pleine journée. Enfin, il est possible d'y avoir recours pour resucrer l'enfant lors d'une hypoglycémie mais de manière tout à fait exceptionnelle [2, 107].

3. Recommandations générales

Chez l'enfant, une alimentation équilibrée passe par la consommation d'aliments en quantité définie et sans excès (Figure 41).

Il faut favoriser la consommation [107, 117] :

- De féculents et/ou produits céréaliers à chaque repas : petit-déjeuner, déjeuner, dîner
- De fruits et légumes : au moins cinq fois par jour selon les recommandations du Programme National Nutrition Santé (PNNS) ; à volonté pour les légumes et au moins deux fois par jours pour les fruits
- De produits laitiers à chaque repas
- De viande/poisson/œufs : une à deux fois par jour (selon l'âge de l'enfant)
- De corps gras insaturés avec préférentiellement des produits riches en acides gras oméga 3 (huile de colza ou de noix) ou mono-insaturés (huile d'olive)
- D'eau à volonté

En revanche, il est prudent de limiter les produits riches en acides gras saturés (beurre, charcuterie) et la consommation excessive de produits sucrés.

Il convient également de rappeler que le repas est un moment d'échange et de partage. L'enfant doit être assis, au calme et prendre le temps de manger [117].



D'après le Programme National Nutrition Santé (PNNS)

Figure 41 : Alimentation et diabète [118]

VI. DIABETE ET SPORT

A. L'activité physique : un accompagnement indispensable à la maladie

Le diabète oblige à la pratique d'une activité physique ou sportive régulière. Les bienfaits sont nombreux, tant sur le plan physiologique que psychologique. Dès le plus jeune âge, la mobilisation fait partie du quotidien de l'enfant. Avec ou sans diabète, la pratique d'un sport est ressentie comme libératrice et nécessaire au bon fonctionnement du corps.

Bien qu'elle puisse être une source de variabilité glycémique, l'activité physique (AP) joue un rôle fondamental dans les développements staturo-pondéral et moteur de l'enfant. Sa pratique est largement encouragée puisqu'elle présente de nombreux bénéfices quotidiens. L'AP favorise notamment l'épanouissement personnel ; elle impacte positivement l'état de santé de la population diabétique en améliorant le conditionnement physique et le bien-être [119].

Les contraintes liées à la pratique sportive passent par la nécessité d'adapter ses doses d'insuline, son alimentation et son ASG selon le sport pratiqué. C'est avec l'expérience que l'enfant apprend à gérer et moduler son traitement face à une pratique sportive.

Au-delà de ces désavantages, les bénéfices sont plus nombreux puisque l'AP améliore la sensibilité du corps à l'insuline, limite les complications liées à la maladie et renforce le lien social qui peut être établi dans certains sports.

B. Recommandations internationales (OMS)

Les recommandations concernant l'activité physique sont identiques chez l'enfant, qu'il soit diabétique ou non.

1. Recommandations applicables à la population pédiatrique

D'après l'OMS, les recommandations internationales dans la tranche d'âge 5-17 ans sont de 60 minutes par jour d'activité physique aérobie modérée à intense.

Bien que la pratique d'une AP pendant plus de 60 minutes apporte des bénéfices supplémentaires. Des exercices d'endurance et de renforcement musculaire sont vivement conseillés au moins trois fois par semaine afin de consolider les systèmes musculaires et osseux [120, 121].

Chez les jeunes, la pratique d'une AP englobe les déplacements quotidiens et la pratique d'un exercice physique régulier ; mais également les jeux et activités récréatives dans un contexte familial, scolaire ou communautaire [120].

2. Non-respect des recommandations dans la population DT 1

Ces recommandations sont pourtant difficiles à atteindre chez les jeunes présentant un DT 1. En 2009, une étude norvégienne démontre que parmi un panel d'enfants (âgés de 6 à 10 ans) et d'adolescents (âgés de 11 à 19 ans) interrogés par questionnaire, plus de 50% ne respecte pas les recommandations de l'OMS. Ce non-respect des recommandations s'élève à plus de 70% le week-end. Cette augmentation est notamment liée au temps passé devant la télévision puisque plus de 40% de la population étudiée indique y passer au moins 2 heures par jour [121].

Cette étude montre également une activité moins importante chez les adolescents par rapport aux enfants ; et chez les filles par rapport aux garçons (Tableau 7 et Figure 42).

Table 1. Time spent in min/d at different levels of physical activity in diabetic children and adolescents [mean (SD)]

	6–10 yr olds		p Value*	11–19 yr olds		p Value*
	Boys (n = 121)	Girls (n = 119)		Boys (n = 254)	Girls (n = 229)	
Levels of physical activity (min/d)						
Moderate†	88 (53)	70 (51)	0.01	57 (49)	47 (42)	0.02
Vigorous‡	0.5 (4)	0.3 (4)	0.78	8 (24)	3 (14)	0.01
Inactivity (min/d)	200 (66)	167 (61)	<0.001	263 (97)	231 (85)	<0.001
TV viewing	105 (44)	102 (46)	0.53	126 (58)	136 (59)	0.05
Using computer	70 (39)	40 (27)	<0.001	105 (71)	59 (50)	<0.001
Reading	25 (16)	26 (16)	0.58	32 (24)	36 (26)	0.11

*Independent sample t-test.

†Moderate activity is defined as activity of 3–6 mets.

‡Vigorous activity is defined as activity of more than 6 mets.

Tableau 7 : Temps passé (en min/J) à différents niveaux d'activité physique chez les enfants et adolescents diabétiques [121]

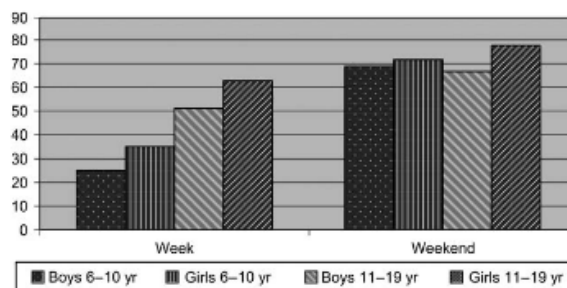


Fig. 1. Percentage of participants who do not fulfil the recommendation of 60 min of physical activity per day at a moderate and vigorous intensity level on weekdays and weekend. Significant difference between the numbers not fulfilling the recommendations on week and weekend were observed for young boys ($p < 0.001$) and girls ($p < 0.001$) and adolescent boys ($p < 0.001$) and girls ($p < 0.001$) (Pearson chi-squared test).

Figure 42 : Pourcentage de participants ne respectant pas les recommandations (en semaine et le weekend, selon la tranche d'âge) [121]

3. Prévention et sensibilisation des populations

Face au non-respect de ces recommandations, des études ont été menées afin de déterminer les obstacles à la pratique d'une AP chez les enfants et adolescents atteints de DT 1. Parmi les freins étudiés, la perte de maîtrise du diabète et la peur de l'hypoglycémie sont majoritaires. Dans une moindre mesure, le manque de soutien parental soulève le besoin, dès le jeune âge, d'encouragement familial [122].

Le discours des professionnels de santé est fondamental pour améliorer la pratique d'une AP régulière. Ce message de prévention doit être massivement véhiculé dans la population pédiatrique afin de sensibiliser l'enfant et sa famille à l'importance d'une pratique régulière.

C. Effets bénéfiques de l'activité physique chez l'enfant

Les effets bénéfiques de l'activité physique sont nombreux, tant sur le plan physiologique que psychologique.

L'activité physique fait partie intégrante du traitement du diabète de l'enfant. Elle influence la prise en charge de la maladie et donne à l'enfant l'occasion de tester ses limites en se sentant « comme les autres ».

1. Bien-être physique et psychique de l'activité physique

Tout d'abord, la pratique d'un exercice physique a des effets bénéfiques sur la santé, que l'enfant soit diabétique ou non. Se dépenser permet à l'enfant de se sentir bien physiquement et mentalement.

Le sport aide à se maintenir en forme, à muscler le corps et à lutter contre le surpoids. Il est également associé à une diminution des facteurs de risques cardio-vasculaires.

D'après l'OMS, la pratique d'une AP adaptée et conforme aux recommandations permet aux jeunes [120] :

- De développer leur appareil locomoteur (os, muscles, articulations)
- De développer leur appareil circulatoire (cœur et poumons)
- De développer une conscience neuromusculaire (mouvements contrôlés et coordonnés)
- De garder un poids adapté ; et d'éviter notamment les maladies de surcharges pondérales dont l'obésité

Le sport est également un moment convivial de partage avec d'autres enfants du même âge pratiquant la même activité de loisir.

De nombreuses études s'intéressent aux effets bénéfiques de l'AP chez l'enfant et l'adolescent DT 1 : l'AP améliore la qualité de vie, les capacités d'endurance, la composition corporelle, le profil lipidique, la sensibilité des tissus à l'insuline ; et le contrôle glycémique, dans une moindre mesure [119].

2. Sensibilité à l'insuline

La pratique d'une AP chez le jeune diabétique améliore la sensibilité de l'organisme à l'insuline. En association à une insulinothérapie adaptée et des apports alimentaires contrôlés, cette triade contribue à améliorer l'équilibre métabolique global [123].

L'amélioration de la sensibilité à l'insuline est responsable de nombreux mécanismes sous-jacents [123, 124] :

- Une augmentation de la masse maigre avec notamment une consommation de glucose par le muscle squelettique
- Une diminution de la masse grasse avec notamment une consommation d'acides gras libres ; qui contribue à limiter le phénomène d'insulino-résistance
- Des modifications structurelles et fonctionnelles du muscle squelettique à l'origine d'une meilleure vascularisation du muscle et d'une augmentation du nombre de transporteurs de glucose (principalement GLUT-4).

D. Variabilité glycémique : impact de l'AP sur l'équilibre glycémique

L'AP est responsable de variations glycémiques. Le traitement (dose d'insuline, quantité de glucides ingérés) doit donc être adapté avant, pendant et après l'activité.

1. Sport et hypoglycémie

L'exercice physique tend généralement à faire baisser la glycémie pendant l'activité et/ou quelques heures après. Chez un diabétique, l'insuline est exogène et ne s'adapte donc pas physiologiquement à l'effort. Lors de l'exercice, le muscle consomme énormément de glucose et le foie n'est pas capable à lui seul de suppléer ce manque.

Les recommandations des diabétologues pédiatres et/ou autres professionnels de santé formés visent à adapter les doses d'insuline et/ou l'alimentation à l'AP pratiquée et à intensifier l'autocontrôle glycémique afin d'anticiper toute perturbation de la glycémie.

a) Hypoglycémie pendant l'effort

Si la dose d'insuline injectée est importante, le foie n'est pas capable de libérer assez de glucose pour compenser la baisse de glycémie circulante (liée à la captation de glucose par le muscle).

Parfois, l'apport insulinique est adapté mais l'injection est effectuée au niveau d'un membre sollicité lors de l'effort ; ce qui augmente sa résorption et donc son effet. Il est donc vivement conseillé de ne pas injecter de l'insuline près d'une zone qui sera sollicitée lors de l'effort.

b) Hypoglycémie après l'effort

Une hypoglycémie retardée peut survenir quelques heures après l'exercice. Elle est liée à une déplétion des réserves hépatiques de glucose ; mais également à la captation de glucose sanguin par le muscle qui cherche à reconstituer ses réserves en glycogène après l'effort. L'augmentation de la sensibilité des récepteurs à l'insuline peut en effet persister jusqu'à 24h après l'effort.

2. Sport et hyperglycémie

L'hyperglycémie est souvent liée à une insulïnémie trop faible : le foie libère alors plus de glucose que le muscle n'en consomme [123].

Plus rarement, la pratique d'une activité physique peut entraîner une hyperglycémie. Cette hausse est généralement transitoire et provoquée par une poussée d'adrénaline suite à un phénomène stressant (compétition, pratique d'un sport en équipe) [125].

En revanche, si l'hyperglycémie est élevée (supérieure à 2,5 g/L) et associée à une cétose (cétonémie élevée et/ou cétonurie positive), l'exercice physique doit être immédiatement interrompu et ne compense en aucun cas l'apport d'insuline.

3. Amélioration du contrôle glycémique

Il n'y a pas de consensus sur le comportement à adopter pour optimiser sa glycémie lors d'un exercice physique. Seule la pratique permet à l'enfant/adolescent d'observer les variations de sa glycémie selon l'activité pratiquée, sa durée et son intensité ; tout en prenant en compte la dernière injection d'insuline reçue et l'heure du dernier repas.

a) Contrôler sa glycémie

Un contrôle de la glycémie doit être effectué avant, pendant et après la pratique d'une AP. Les valeurs de glycémie mesurées doivent ensuite être notées dans un carnet adapté afin de pouvoir évaluer à *posteriori* les retentissements de tel ou tel sport sur la glycémie [126].

Le contrôle avant de débiter l'activité est primordial puisqu'il permet de juger de l'intérêt d'un resucrage ou d'une injection supplémentaire d'insuline. Si une dose supplémentaire d'insuline est administrée ou un resucrage effectué, il est nécessaire de reconstrôler la glycémie ensuite. Dans le cadre d'une pratique sportive collective (basket, football), le contrôle peut par exemple être effectué à la mi-temps.

b) Moduler sa consommation de glucides

Si l'exercice physique est réalisé à distance d'une injection d'insuline, il est possible de proposer à l'enfant un repas ou une collation avant sa pratique.

Il est également possible de prendre une collation pendant l'effort (en privilégiant des aliments à index glycémique élevé) afin de limiter l'apparition d'une hypoglycémie pendant celui-ci. Enfin, si le prochain repas est éloigné par rapport à la fin de la séance, l'enfant peut se resucrer afin de tenir jusqu'à la prochaine ingestion de glucides [123].

c) Moduler son injection d'insuline

Si l'activité débute rapidement après la prise d'un repas, il est possible de moduler la dose d'insuline. Si l'enfant bénéficie d'un schéma à injections multiples, le bolus d'insuline rapide programmé avant l'effort peut être revu à la baisse pour éviter des concentrations actives d'insuline trop élevées lors de l'effort. Si l'enfant est équipé d'une pompe à insuline externe, il suffit simplement de suspendre temporairement le débit basal [123].

Ces recommandations doivent être étudiées selon chaque enfant et chaque pratique sportive. Il convient d'en parler à l'équipe de diabétologie afin de valider les bonnes doses d'insuline et/ou les bonnes quantités de glucides à ingérer.

E. Sports à risques

Chaque enfant doit être libre de pratiquer l'AP dont il a envie. Pour autant, certains sports sont déconseillés chez l'enfant diabétique puisque potentiellement dangereux et incompatibles avec la maladie.

La pratique de sports à risques (tels que le deltaplane, le parapente, le parachutisme, l'alpinisme en montagne, la voile en solitaire ou des sports mécaniques type moto/auto) est déconseillée au vu du risque hypoglycémique [125].

La pratique de boxe, notamment à haut niveau, est déconseillée puisque des traumatismes réguliers au niveau frontal peuvent entraîner l'apparition de lésions rétiniennes précoces.

Concernant la plongée sous-marine, l'apnée peut être pratiquée, dans la limite du raisonnable. La plongée avec bouteille n'est autorisée qu'au-delà de 14 ans, en respectant des règles bien spécifiques (Annexe 6) : une lettre d'information reprenant les modalités techniques et pratiques de la plongée sous-marine est remise au jeune diabétique (Annexe 7). Un certificat médical (Annexe 8) doit être préalablement rempli par le pédiatre et/ou endocrinologue de l'enfant afin de vérifier que l'enfant ne présente aucune contre-indication diabétologique à la plongée. Enfin, les parents doivent signer une autorisation parentale (Annexe 9) [127].

F. Sport à l'école

Les bienfaits de l'activité physique chez un enfant diabétique sont nombreux. Les séances d'EPS (éducation physique et sportive) organisées par l'Education nationale doivent encourager l'enfant à la pratique d'une AP régulière.

L'EPS fait partie intégrante des programmes scolaires : un enfant ne peut être exclu de cette matière parce qu'il présente un diabète. Le diabète ne doit donc pas être considéré comme un motif de dispense mais au contraire, comme une chance pour l'enfant de se dépenser et de partager des moments agréables avec ses camarades de classe [125].

L'équipe enseignante doit être formée à l'accompagnement de l'enfant et notamment savoir réagir en cas d'hypoglycémie ou si les doses d'insuline doivent être ajustées. Souvent, le PAI (Projet d'Accueil Individualisé) décrit les conduites à tenir en fonction du comportement de l'enfant (décrit dans la Partie 3, IX. Vivre avec le diabète, A. Intégration scolaire, 2. Projet d'Accueil Individualisé)

PARTIE 3

EDUCATION THERAPEUTIQUE
ET PLACE DU PHARMACIEN
D'OFFICINE DANS LA PRISE EN
CHARGE D'UN ENFANT
DIABETIQUE DE TYPE 1

I. GENERALITES SUR L'EDUCATION THERAPEUTIQUE

A. Loi HPST

L'Education Thérapeutique du Patient (ETP) connaît un essor considérable sur le territoire français depuis la Loi HPST (Hôpital Patient Santé Territoire) de 2009. Cette loi a pour objectif de renforcer les compétences d'auto-soin et d'adaptation des patients atteints de pathologies chroniques [128].

Les programmes d'ETP sont généralement réalisés à l'hôpital, ce qui confère aux personnels hospitaliers un rôle plus important que la médecine et/ou pharmacie de ville. Pourtant, la prise en charge de la plupart des maladies chroniques s'effectue en ambulatoire. Il serait ainsi plus aisé de développer des programmes d'ETP hors secteur hospitalier afin de les rendre plus accessibles aux différentes populations [129].

L'association AJD (Aide aux Jeunes Diabétiques) propose notamment des journées et séjours éducatifs aux enfants atteints de DT 1 [130].

B. Organisation de l'ETP

Un programme d'éducation thérapeutique se compose de quatre étapes :

- Un **diagnostic éducatif**, qui sert à évaluer les connaissances de chaque patient sur sa pathologie
- Un **programme d'éducation thérapeutique**, individualisé en fonction de chaque patient selon les besoins identifiés lors du diagnostic éducatif
- La **mise en place des séances d'éducation thérapeutique**, individuelles ou collectives
- Une **évaluation** des compétences acquises par le patient et/ou sa famille

Ces différentes étapes découlent les unes des autres et doivent être planifiées à l'avance.

Le diagnostic éducatif et le référentiel de compétences de l'enfant et/ou de sa famille permettent de définir les objectifs à atteindre. Les séances sont ainsi programmées avec pour finalité de répondre aux objectifs fixés. Toute séance d'ETP est ensuite évaluée afin d'apprécier la progression du patient et de définir d'éventuels points à améliorer (Figure 43) [131].

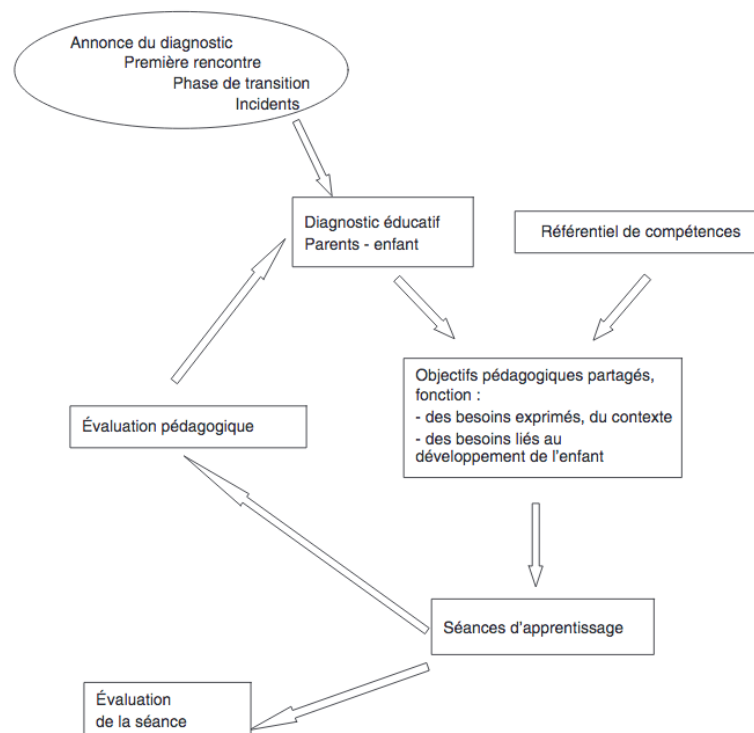


Figure 43 : Approche systémique de la démarche en éducation thérapeutique [131]

C. Objectifs des programmes d'ETP

Les programmes d'ETP présentent deux objectifs principaux. Le premier consiste à renforcer la motivation de l'enfant en lui donnant soif et envie d'apprendre. Stimuler sa curiosité et l'inciter à prendre soin de son propre corps sont les bases solides d'une bonne prise en charge.

Le deuxième objectif cible plutôt l'aspect psychologique de l'enfant. Se sentir écouté et compris est fondamental. Un programme d'ETP doit toujours prendre en considération le vécu de l'enfant et ses émotions.

Communiquer avec un enfant est essentiel lors de l'ETP. Il faut rapidement installer une relation de confiance afin de mettre l'enfant à l'aise.

D. Programmes adaptés à l'enfant

1. **Méthodes d'apprentissage**

La perception de la maladie diffère entre un enfant et un adolescent. Selon la tranche d'âge, les objectifs thérapeutiques et leurs modalités de réalisation sont bien différents. Les programmes d'éducation pédiatrique doivent donc être pensés et créés en fonction de l'âge de l'enfant.

La manière d'aborder la maladie doit être adaptée aux capacités de l'enfant et/ou de l'adolescent. En effet, il existe des particularités liées à leur développement cognitif, moteur et psychoaffectif. Les soignants doivent alors être en capacité de distinguer les problèmes liés à la maladie de ceux qui sont liés au développement normal de l'enfant [128].

2. **Supports utilisés**

Il est préconisé d'utiliser des supports ludiques et imagés pour capter l'attention d'un enfant : dessins, collages, marionnettes, mimes. Il faut véhiculer un univers attractif, coloré et vivant afin de stimuler l'imaginaire et la curiosité de l'enfant.

Le jeu est une méthode d'apprentissage très appréciée dans la population pédiatrique afin de stimuler l'enfant et sa famille. L'aspect ludique les attire dans la démarche d'apprentissage et permet de prolonger la séance lors du retour à la maison [132].

La créativité est également utilisée lors des séances d'ETP chez l'enfant : dessiner sa maladie, inventer une histoire, chanter une chanson sont autant de méthodes stratégiques visant à faire participer l'enfant ; l'objectif étant de l'intégrer de la meilleure manière possible à la prise en charge de sa maladie [128].

3. Partage avec autrui

Les séances d'ETP s'inscrivent dans la prise en charge globale du patient puisqu'elles lui permettent de rencontrer d'autres enfants atteints de la même pathologie. Chez l'enfant, l'esprit collectif facilite l'apprentissage. Les activités de groupe sont donc favorisées et permettent notamment de socialiser l'enfant et de rompre toute sentiment de solitude [131].

Pour autant, un suivi individuel est mis en place afin d'évaluer les besoins de l'enfant avant de débiter l'ETP et d'évaluer ensuite les bénéfices et compétences qu'il a acquis.

Les parents sont inclus dans la démarche mais il est parfois judicieux d'y intégrer également les adultes amenés à prendre en charge l'enfant que ce soit dans un contexte familial ou environnemental (crèche, école, lieux de loisirs) [128]. La formation de l'entourage est nécessaire pour confier l'enfant à un tiers en toute sérénité.

II. EDUCATION THÉRAPEUTIQUE AU DT1

L'ETP fait partie intégrante de la prise en charge d'un enfant/adolescent diabétique. Comprendre la maladie, son traitement et les risques associés permet d'améliorer l'observance et de limiter, à plus ou moins long terme, les complications inhérentes à la maladie.

Elle permet d'améliorer la vision qu'un enfant peut se faire de la maladie en conciliant projet de vie et exigences de traitement. C'est la « pièce maîtresse » du suivi du patient diabétique [133].

Le diabète fait d'ailleurs partie des premiers programmes d'ETP pédiatriques mis en place.

A. Acteurs de l'ETP

1. **Professionnels de santé impliqués**

L'éducation thérapeutique d'un enfant ou adolescent diabétique de type 1 est primordiale. Elle doit être réalisée par une équipe de santé pluridisciplinaire associant des professionnels médicaux (pédiatre spécialisé en diabétologie ou endocrinologie, pharmacien) et paramédicaux (infirmier(ère), diététicien(ne), éducateurs) [74].

Lors du diagnostic, la prise en charge du diabète doit se faire sans attendre. L'enfant et ses parents doivent être formés très rapidement aux rudiments de la maladie afin qu'un retour à domicile sans danger puisse être envisagé.

Le professionnel de santé doit parfois vulgariser son langage afin de s'adapter au degré de compréhension de l'enfant et sa famille.

2. Intégrer les parents à la démarche

Lors de la découverte d'un diabète infantile, le parent devient le proche aidant de son enfant et doit donc bénéficier d'une formation optimale afin de favoriser la meilleure prise en charge possible.

Le diabète peut provoquer une détresse personnelle et familiale. L'enfant peut en être affecté, au même titre que ses parents et/ou frères et sœurs. Un soutien psychologique peut se révéler efficace pour améliorer la prise en charge globale de l'enfant [105].

Vivre avec un diabète n'est pas chose simple. C'est pourquoi, les parents sont intégrés de manière active à l'éducation thérapeutique de leur enfant ; ils doivent être capables d'effectuer des gestes précis tels que les injections d'insuline et les prélèvements nécessaires à l'autosurveillance glycémique.

L'apprentissage de la maladie et son suivi donnent du sens aux gestes techniques pratiqués quotidiennement. Ainsi, l'éducation thérapeutique permet à l'enfant de participer activement aux soins dont il doit bénéficier de façon pluriquotidienne. Il peut ainsi gagner en autonomie et le retour à une vie « normale » est favorisé. L'enfant doit s'approprier la maladie et avoir conscience de l'importance d'un suivi au quotidien [105, 134].

B. Exemples de séances d'ETP

Les professionnels de santé véhiculent des informations et conseils mais cela ne suffit pas à rendre le patient compétent. L'acquisition de compétences nécessite un apprentissage long et progressif et implique un soutien psychologique et social [74].

Dans un premier temps, il faut définir ce qu'est le glucose puis la glycémie (taux de sucre dans le sang) et ses valeurs normales. Ensuite, il faut expliquer pourquoi le traitement par insuline est indispensable. Lors de mon stage en pédiatrie à l'hôpital Jeanne de Flandre de Lille, le modèle de la clef et de la serrure était souvent utilisé. L'insuline étant la clef qui permet d'ouvrir la porte de la cellule afin d'y permettre l'entrée du glucose. Sans apport insulinique, le glucose ne peut pas pénétrer dans la cellule. Il est donc bloqué dans la circulation sanguine et entraîne une hyperglycémie.

Différentes séances d'ETP peuvent être proposées suite au diagnostic éducatif [135] :

- Séance sur la réalisation des mesures de glycémies capillaires et d'acétonémie
- Séance sur la réalisation des injections d'insuline
- Séance sur la gestion d'une pompe à insuline externe
- Séance sur la gestion des hypoglycémies
- Séance sur la gestion des hyperglycémies
- Séance sur l'adaptabilité des doses d'insuline
- Séance focalisée sur le diabète et l'alimentation
- Séance focalisée sur le diabète et l'activité physique
- Séance spécifique sur l'acceptabilité de la maladie

Certaines séances sont destinées uniquement aux parents ou enfants ; d'autres sont conçues pour les accueillir simultanément. Les objectifs principaux sont de rendre l'enfant autonome dans la réalisation des gestes liés à la maladie : réalisation de glycémie capillaire, injections d'insuline. La gestion des hypo et hyperglycémies est également un point non négligeable à la prise en charge du diabète : des objectifs de sécurité doivent être assimilés très rapidement afin d'écartier tout risque pour l'enfant.

C. Programmes ETP région Hauts-de-France

La liste des programmes d'ETP habilités dans la région Hauts-de-France est disponible sur le site de l'ARS en date du 23 Octobre 2019. Six programmes sur le diabète de l'enfant et de l'adolescent sont référencés dans notre région [136].

Une cartographie figure sur le site de l'ARS et permet aux parents de localiser les éventuels programmes proches de leur domicile (Figure 44).

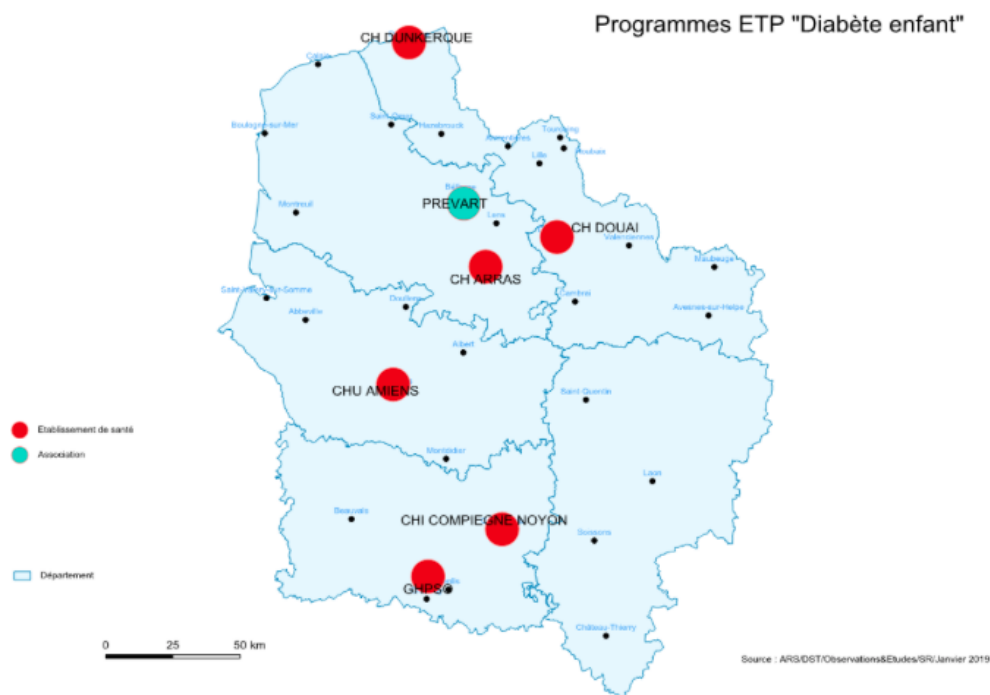


Figure 44 : Cartographie des programmes d'ETP Diabète Enfant dans la région Hauts-de-France [136]

Ces programmes d'ETP sont disponibles dans les centres hospitaliers de Dunkerque, Douai, Arras, Amiens et Compiègne notamment.

Lors de mon stage à l'hôpital Jeanne de Flandres de Lille, des journées d'ETP étaient proposées aux familles au sein du CHU (Centre Hospitalier Universitaire) de Lille mais celles-ci étaient réalisées en interne et non intégrées à un véritable programme d'ETP.

III. VIVRE AVEC LE DIABETE

A. Intégration scolaire

A l'heure actuelle, le parcours socio-professionnel d'un jeune diabétique est équivalent à celui du reste de la population générale. A l'école, les enseignants et éducateurs spécialisés doivent être informés, voire formés, sur le diabète afin d'accueillir l'enfant dans de bonnes conditions [137].

1. **Contraintes liées à la scolarisation**

La scolarisation d'un enfant diabétique est essentielle à sa réussite professionnelle mais aussi personnelle puisqu'elle lui permet de s'épanouir malgré les contraintes de la maladie. La continuité des soins doit être effective pendant les horaires de classe et nécessite une certaine organisation.

Le jeune diabétique doit effectuer ses ASG et adapter ses injections d'insuline selon l'alimentation proposée au restaurant scolaire. Tout au long de la journée, il faut également gérer les éventuelles hypo- ou hyperglycémies.

Le personnel enseignant peut parfois être inquiet à l'idée de devoir accompagner l'enfant dans la réalisation de ces gestes. Un IDE (Infirmier Diplômé d'Etat) peut dans ce cas passer plusieurs fois par jour afin d'accompagner l'enfant.

Le diabète impose des contraintes certes familiales mais aussi extrafamiliales puisque certaines activités scolaires et/ou parascolaires nécessitent l'intervention d'accompagnant et/ou des parents directement [2].

2. **Projet d'Accueil Individualisé**

Un Projet d'Accueil Individualisé (PAI) peut être mis en place afin de faciliter l'intégration scolaire de l'enfant. L'objectif étant de favoriser les échanges entre les équipes soignantes, pédagogiques et la famille.

L'élaboration d'un PAI n'est pas obligatoire mais peut être effectuée à la demande de la famille. Il sera dans ce cas rédigé par le directeur de l'établissement en concertation avec le médecin scolaire. Toutefois, les services hospitaliers peuvent également en rédiger, sur demande des parents. Dans tous les cas, le médecin scolaire doit être formé sur le diabète et ses traitements, notamment sur les pompes à insuline, afin de faciliter l'accueil de l'enfant dans l'établissement scolaire.

Il a pour objectif de permettre à l'enfant diabétique de prendre part aux différentes activités scolaires proposées telles que manger à la cantine ou participer aux sorties de classes (activités sportives, classes vertes etc). Il décrit également de manière précise la conduite à tenir en cas de déséquilibre glycémique (hypo- ou hyperglycémie) [21].

Trois exemples de PAI sont présentés en Annexe n°10 (selon que l'enfant soit scolarisé en maternelle, primaire ou collège / lycée) et émanent du service d'endocrinologie et diabétologie pédiatrique de l'hôpital Robert Debré à Paris [138].

3. Métiers de demain

Si des difficultés sont présentes lors de la scolarisation de l'enfant, il n'en est pas moins pour leur futur métier. De nombreuses associations s'investissent pour offrir la possibilité aux diabétiques d'intégrer des formations et d'évoluer malgré la maladie.

B. Evénements familiaux

Les repas familiaux et/ou amicaux bouleversent les habitudes alimentaires fixées par l'enfant diabétique et sa famille. Pour autant, il ne faut pas priver l'enfant de ces moments puisqu'ils participent au sentiment de bien-être global. Les conséquences sur la glycémie sont généralement minimales et rapidement corrigées par la reprise d'une alimentation adaptée et heuree [21].

Ces événements peuvent être l'occasion d'intégrer l'entourage familial à la démarche de prise en charge : porter de l'intérêt à l'enfant pendant sa mesure de glycémie capillaire et/ou son injection d'insuline apporte un soutien non négligeable et conforte le patient dans l'importance de ces gestes.

IV. ENTOURAGE PARENTAL

A. Le choc du diagnostic

L'annonce du diagnostic de diabète marque les parents de manière définitive. Elle doit donc être réalisée par un médecin sénior, habitué à ce genre de situation. La difficulté de l'annonce consiste à trouver un juste équilibre entre une « réalité difficile à entendre » et comment retrouver « assurance en l'avenir » [21].

1. Inquiétude en l'avenir

La découverte d'un diabète est mal vécue par la majorité des parents. L'annonce du diagnostic survient généralement comme un coup de massue. Les parents passent par différents sentiments tels que la colère, l'injustice et l'incompréhension. Ensuite vient généralement le temps de la tristesse et de l'inquiétude quant au devenir de l'enfant [139].

Le choc du diagnostic est suivi d'une éducation thérapeutique intensive, à la fois théorique et pratique, à laquelle les parents ne sont pas préparés mentalement. Beaucoup d'interrogations surgissent et concernent particulièrement la gravité de la maladie, les contraintes qu'elle engendre et la place de l'alimentation au quotidien.

« Votre enfant pourra vivre comme les autres » est le premier message véhiculé par les professionnels de santé lors de l'hospitalisation au stade inaugural de la maladie [139]. Pourtant, il est difficile pour un parent d'imaginer que son enfant puisse avoir une vie tout à fait normale alors qu'il doit contrôler sa glycémie plusieurs fois par jour et se faire de multiples injections d'insuline pour vivre.

2. Culpabilité

Un sentiment fréquemment retrouvé en pédiatrie est la culpabilité parentale lors de l'oubli d'une injection d'insuline ou dans le cas où un excès alimentaire est autorisé.

L'ETP peut aider à réduire ce sentiment de culpabilité en donnant la possibilité aux parents d'être acteurs du traitement de leur enfant. Il ne s'agit pas d'être parfait. Il faut juste faire de son mieux et écouter les conseils prodigués [128]. L'enfant ne doit pas jamais être privé ; pour autant, les écarts alimentaires doivent être raisonnables et occasionnels.

Des compétences d'adaptation doivent être mises en place afin d'accompagner les parents. Ils doivent apprendre à gérer le sentiment d'incertitude quant à l'évolution de la maladie, l'inquiétude d'un éventuel refus de soins.

3. Acceptation

Sur le plan médical, la découverte d'un diabète entraîne un arrêt du fonctionnement des cellules bêta pancréatiques ; en revanche sur le plan psychologique, la maladie ne doit en aucun cas marquer l'arrêt des plaisirs quotidiens.

Il faut généralement laisser du temps aux parents pour accepter la maladie et les conséquences qu'elle engendre. Un travail sur soi doit être mis en place afin de faciliter l'acceptation. Ce sentiment d'acceptation survient rapidement chez certains parents ; alors qu'il sera au contraire très compliqué à atteindre chez d'autres.

Les parents ayant perdu tout repère temporel, la possibilité de resituer le présent survient généralement quelques mois après le diagnostic, quand la maladie a enfin pris place dans le quotidien.

B. Modifications des habitudes de vie

La découverte d'un diabète entraîne de multiples bouleversements dans la vie d'un enfant. Du jour au lendemain, ses habitudes de vie sont modifiées.

Les parents doivent généralement adapter leur mode de vie aux contraintes d'autosurveillance et d'apport insulinique que demande le diabète. L'enfant, à un âge précoce, n'est pas capable d'assumer seul la prise en charge de sa maladie. Les parents constituent alors partie intégrante du traitement en devenant acteur de la thérapeutique mise en place.

C. Rupture d'un idéal parental

Par nature, chaque parent imagine la meilleure des vies possibles pour son enfant. La survenue d'un diabète (et de tout autre maladie chronique) crée alors une rupture dans la représentation parentale de l'enfant idéal [105].

Une phase de « deuil » de l'enfant sain fait suite au choc émotionnel. Il faut réapprendre à vivre avec la maladie et trouver des alternatives pour favoriser un retour au plus proche de la vie normale.

Au début de la maladie, le diabète est représenté dans l'imaginaire des parents comme un obstacle infranchissable. Pourtant, avec le temps et beaucoup d'apprentissage, un retour à une vie confortable est possible.

D. Relation triangulaire

La prise en charge thérapeutique de l'enfant est caractérisée par une relation triangulaire entre l'enfant, les parents et le personnel soignant. Il ne faut pas négliger l'implication parentale dans la prise en charge de l'enfant. En effet, il est impossible et contre-productif de maintenir les parents à l'écart de l'éducation de leur enfant [128].

1. Transfert de compétences parent/enfant

Les nouveaux-nés et jeunes enfants dépendent totalement des parents pour gérer la maladie au quotidien. C'est en grandissant que l'enfant va progressivement acquérir de l'autonomie. D'abord dans la réalisation de l'ASG, puis dans la prise de décision à l'adolescence. Le soutien des parents est indispensable à chacune de ces étapes [128].

Les parents prennent parfois le rôle d'un soignant de par la chronicité de la maladie et la nécessité d'être indépendant au quotidien. Cette responsabilité est parfois difficile et lourde à porter, d'où l'intérêt des journées et/ou séjours éducatifs, qui vont permettre aux parents de passer le relais à des personnes formées.

2. Rôle parental

Le diagnostic d'une maladie chronique chez l'enfant représente un gouffre émotionnel pour ses parents. L'accompagnement des parents vise donc à les aider à gérer leur propre stress émotionnel mais aussi à les soutenir dans le deuil de l'enfant sain [77].

Tout professionnel de santé, et notamment tout pharmacien d'officine, doit être en mesure de rassurer les parents suite à la découverte d'une maladie chronique. L'objectif des parents, à terme, est de parvenir à relativiser la situation.

Une prise en charge optimale est souhaitée mais les parents doivent avant tout faire de leur mieux [105]. Ils doivent apprendre à être tolérants face à l'enfant et aux gestes réalisés quotidiennement. Équilibrer un diabète ne se fait pas du jour au lendemain. Le diabète n'est pas une science exacte et des variations glycémiques peuvent survenir malgré une prise en charge adéquate.

Une meilleure acceptation parentale entraîne une meilleure acceptation de l'enfant [139].

V. DIABETE ET ADOLESCENCE

L'accroissement du nombre d'enfants diabétiques confronte les professionnels de santé à la prise en charge de plus en plus fréquente d'une population diabétique adolescente.

La période de l'adolescence vient généralement compliquer la prise en charge du diabète. En effet, des changements physiologiques et psychologiques apparaissent et peuvent venir perturber l'équilibre glycémique et l'adhésion au traitement [2, 128].

La prise en charge d'un adolescent diabétique représente une situation parfois compliquée chez un jeune en quête de liberté mais pourtant contraint au respect de nombreuses obligations.

A. L'adolescence : une période à risque chez le diabétique

Chez la plupart des adolescents diabétiques, une détérioration du contrôle métabolique est observée et s'explique majoritairement par des comportements alimentaires inadaptés et une moins bonne adhésion au traitement.

A l'adolescence, des changements métaboliques, psychologiques et sociaux interfèrent avec la gestion du DT 1 au quotidien. L'adolescent doit être accompagné et entouré lors de cette période afin de gérer au mieux l'équilibre glycémique et l'acceptabilité de la maladie.

1. Aspects physiologiques

Lors de cette période, les modifications hormonales liées à la puberté et à la croissance peuvent entraîner une augmentation des besoins en insuline [133]. En parallèle, une diminution de la sensibilité à l'insuline nécessite des doses d'autant plus élevées. L'objectif est donc double et a pour finalité l'adaptabilité du traitement.

a) Modifications hormonales

Le passage de l'enfance à l'adolescence est marqué par deux processus physiologiques pouvant influencer le contrôle glycémique [140] :

- Le développement des caractères sexuels, qui implique des changements physiques
- La croissance staturo-pondérale, qui s'accélère généralement lors de la puberté

Les variations physiologiques de la puberté entraînent une diminution de la sensibilité à l'insuline chez l'adolescent ; liée en grande partie au facteur de croissance de l'insuline, *insulin-like growth factor-1* (IGF1), qui s'accroît lors de cette période et induit ainsi une diminution de l'insulino-sensibilité. L'équilibrage du diabète est ainsi mis en péril et nécessite des adaptations de doses [140, 141].

La sécrétion de l'hormone de croissance (GH) est également modifiée à l'adolescence, avec l'apparition de pics nocturnes expliquant les hyperglycémies matinales.

b) Effondrement de la sécrétion insulinaire résiduelle

Lors du diagnostic de DT 1, la sécrétion résiduelle d'insuline s'apprécie grâce à la mesure du peptide-C, généralement diminuée suite à la découverte de la maladie. Pour autant, celui-ci peut contribuer au maintien d'un bon équilibre glycémique.

A l'adolescence, l'effondrement progressif des taux de peptide-C implique un léger déséquilibre dans le contrôle glycémique. L'adolescent est alors complètement dépendant d'un apport d'insuline exogène [140, 142].

2. Aspects psychologiques

L'adolescence est une période particulièrement critique dans la gestion d'une pathologie chronique ; et le diabète en est une.

a) Construction d'une personnalité

Lors de l'adolescence, la construction d'une personnalité s'oppose aux contraintes de la maladie. L'adolescent entre dans une phase de conflit avec la maladie. Les sentiments d'incertitude et d'instabilité, inhérents à l'adolescence, peuvent alors être exacerbés par l'omniprésence de la maladie. L'adolescent se place dans une démarche de contestation et y inclut le diabète [140].

b) Transfert parental

Un désir d'autonomisation peut parfois rendre la relation parentale conflictuelle. Pourtant, l'entourage parental constitue un des facteurs majoritaires dans le maintien de l'équilibre glycémique et évite l'apparition trop précoce des complications aiguës chez l'adolescent [2].

La gestion du diabète est progressivement transférée des parents à l'adolescent avec partage de responsabilité. Ce transfert doit être progressif afin de ne pas perturber l'enfant et de le conforter progressivement à l'acquisition de son autonomie.

Les parents doivent s'assurer qu'il n'y a pas de négligence de la part du jeune et qu'il est capable d'effectuer seul son ASG et ses injections d'insuline. Pour autant, ils ne doivent pas trop s'immiscer dans la gestion de la maladie au risque de brusquer l'adolescent et de le priver d'une certaine liberté. Il faut trouver le juste milieu entre le besoin d'indépendance et de liberté et l'aspect sécuritaire [140].

B. ETP à l'adolescence

Lors de l'adolescence, l'observance thérapeutique (définie comme la capacité du patient à prendre correctement son ou ses traitements) est mauvaise et nécessite une prise en charge renforcée. Des objectifs de sécurité doivent être négociés avec le jeune adulte afin d'éviter toute mise en danger [128].

Un des enjeux majoritaires de l'ETP chez l'adolescent consiste à l'aider à intégrer la maladie dans sa vie sans envahir complètement son quotidien. Les séances d'ETP collectives sont généralement bien acceptées chez les adolescents. Les jeunes peuvent discuter et débattre autour d'un sujet commun. Des échanges d'expériences peuvent être bénéfiques afin de résoudre les problèmes auxquels ils peuvent être confrontés [143].

Les objectifs de l'ISPAD pour l'ETP à l'adolescence sont [144] :

- Faciliter une prise en charge autonome et responsable, adaptée au niveau de maturité et de compréhension de l'adolescent
- Discuter des difficultés et des conflits
- Développer des stratégies d'adaptation à des situations particulières : écarts alimentaires, maladies intercurrentes, hypoglycémie, sport, comportements à risques
- Négocier les objectifs et les priorités en s'assurant que l'adolescent ait compris et accepté ce qu'il entreprend

C. Transition vers l'âge adulte

La transition de l'état adolescent vers celui d'adulte est une étape importante dans la prise en charge du jeune diabétique. Le transfert de l'adolescent des équipes pédiatriques aux équipes de diabétologie adulte nécessite d'étroites collaborations entre les professionnels de santé impliqués [140].

Ces périodes de transition permettent un cheminement progressif vers l'âge adulte afin d'éviter toute rupture de soin. Cette thématique est d'ailleurs abordée lors des séances d'ETP de l'adolescent.

VI. ASSOCIATIONS POUR ENFANTS DIABETIQUES

L'augmentation de l'incidence du diabète de type 1 dans la population pédiatrique a donné naissance à de nombreuses associations pour enfants diabétiques.

A. Aide aux Jeunes Diabétiques (AJD)

1. **L'association**

L'Aide aux Jeunes Diabétiques (AJD) est une association fondée en 1956 par plusieurs pédiatres et familles de patients (Figure 45). Cette association est avant tout une alliance entre les soignants et les familles de diabétiques. Très vite reconnue comme d'utilité publique, elle se fonde avant tout sur des valeurs de respect, d'humanité et de solidarité [145].



Figure 45 : Logo de l'association Aide aux Jeunes Diabétiques [146]

L'association a pour objectif principal d'aider le jeune diabétique à accepter le fléau de la maladie au quotidien. Les soignants et les parents font partie intégrante de la prise en charge thérapeutique afin de permettre à l'enfant une vie épanouissante.

2. Réunion nationale du 17 Novembre 2019

Le 17 Novembre 2019, une réunion nationale de l'AJD a été organisée à la Cité des Sciences de Paris, dans la continuité de la *Journée Mondiale du Diabète* fixée au 14 Novembre de chaque année.

Différentes conférences sont organisées par les professionnels de santé à destination essentiellement des parents : les thématiques de la boucle fermée en pédiatrie et de la recherche sur le DT 1 ont notamment été abordées. Des temps de parole permettent aux parents de s'exprimer et de poser des questions aux médecins présents. Pendant ce temps, les enfants sont pris en charge par des équipes d'animation et réalisent des activités ludiques en rapport avec le diabète.

Des temps libres permettent aux parents de discuter avec les laboratoires présents pour l'évènement. De la documentation est également distribuée afin d'enrichir leurs connaissances sur la maladie.

Le programme de la journée est présent en Annexe n°11 : « Vivre avec un DT 1, on fait le point »

B. Séjours médico-éducatifs

L'AJD prône l'éducation thérapeutique du patient, par le biais notamment de journées ou de séjours éducatifs.

1. Cadre réglementaire

Selon la loi HPST (Hôpital Patient Santé Territoire) du 21 Juillet 2009, les séjours médico-éducatifs sont inscrits dans le cadre législatif et réglementaire des établissements de Soins de Suite et de Réadaptation (SSR).

L'AJD propose de nombreux programmes d'ETP, réalisés hors secteur hospitalier, sous forme de journées ou séjours éducatifs pour les enfants et leurs parents [128]. Ces séjours ne doivent pas être vécus comme une contrainte liée au diabète mais plutôt comme une opportunité d'améliorer ses connaissances théoriques et pratiques sur la maladie.

2. Organisation

La démarche d'ETP est au cœur de ces séjours. Des équipes soignantes (médecins, IDE et étudiants en médecine) et pédagogiques (directeurs d'activités et animateurs) sont présentes tout au long du séjour pour accompagner l'enfant dans son quotidien (lors des repas, pendant les activités physiques).

Les journées sont rythmées par des temps de soins (où l'enfant surveille sa glycémie et/ou s'injecte sa dose d'insuline) et d'activités pendant lesquelles l'enfant en apprend un peu plus sur sa pathologie. Des activités éducatives et ludiques sont proposées par les animateurs en collaboration avec les membres de l'équipe médicale afin de renforcer l'aspect sécuritaire. La pluridisciplinarité et l'implication des différents corps de métiers facilitent l'apprentissage de l'enfant.

3. Ressenti

L'expérience de vie en collectivité permet à chaque enfant de se construire au sein d'un groupe. Ces séjours s'inscrivent dans une démarche de socialisation et de partage.

Pour les enfants et adolescents, ces séjours sont à l'origine de rencontres avec des personnes partageant un quotidien similaire. Rencontrer des pairs atteints de la même maladie renforce l'envie d'apprendre et rompt le sentiment de solitude face à la maladie. Ces séjours sont avant tout motivationnels et donnent du sens à la prise en charge. C'est aussi l'occasion pour les familles d'échanger sur un sujet commun, de se rassurer.

VII. PLACE DU PHARMACIEN D'OFFICINE

L'impact sanitaire du DT 1 dans la population pédiatrique implique la mobilisation de nombreux professionnels de santé, dont le pharmacien. Qu'il exerce en officine de ville, en laboratoire de biologie médicale ou en établissement de santé, le pharmacien occupe une place importante dans l'accompagnement du patient diabétique tout au long de son parcours de soin [147].

De la prévention, au dépistage et à l'éducation thérapeutique ; le pharmacien intervient à chacune de ses étapes et s'inscrit dans une démarche de prise en charge polyvalente. Pour autant, chaque étape est propre à un domaine de la pharmacie et dans cette thèse, nous ciblerons essentiellement le rôle du pharmacien d'officine.

A. Prévention et dépistage

1. Tests de dépistage applicables au DT 2

Depuis 2016, des tests de dépistage du diabète peuvent être effectués en pharmacie d'officine lors de campagnes de dépistage agréées (par une simple mesure de glycémie capillaire). Malheureusement, ces tests sont destinés à une population adulte, plus souvent concernée par le DT 2. Dans tous les cas, toute valeur de glycémie anormale doit être confirmée par une prise de sang en laboratoire.

2. Signes d'alerte applicables au DT 1

La capacité d'écoute et d'analyse du pharmacien est primordiale afin de détecter tout phénomène acido-cétosique lié à un diagnostic tardif du DT 1. Le pharmacien d'officine doit donc connaître les signes cliniques d'alerte pouvant conduire à un diagnostic de DT 1 : syndrome polyuro-polydypsique, fatigue et amaigrissement malgré une polyphagie.

Tout patient présentant ces signes doit immédiatement être orienté vers son médecin généraliste et/ou un établissement de santé afin que des examens plus approfondis soient réalisés (et notamment une mesure de glycémie).

B. Promotion de la santé publique

1. **Supplémentation en vitamine D chez l'enfant diabétique**

Il est possible d'imaginer un potentiel rôle du pharmacien dans la supplémentation en vitamine D chez l'enfant. Lors d'une dispensation officinale, le pharmacien se doit d'associer à la délivrance du médicament des conseils de bon usage des produits de santé.

Dès le plus jeune âge, les médecins traitants effectuent des prescriptions de vitamine D selon les recommandations en vigueur. Le pharmacien pourrait, à son niveau, vérifier que ces prescriptions sont bien effectives afin de prévenir l'apparition d'éventuelles maladies liées à une carence vitaminique (dont le DT 1).

2. **Importance de la vaccination chez les jeunes diabétiques**

Bien que parfois controversée, aucune étude ne prouve réellement un lien entre un quelconque vaccin et l'apparition de DT 1 [11]. Depuis le 1^{er} Janvier 2018, l'obligation vaccinale dans la population pédiatrique est passée de trois à onze vaccins obligatoires (Diphthérie, Tétanos, Poliomyélite, Coqueluche, Hépatite B, Pneumocoque, Méningocoque, *Haemophilus Influenzae* de type b, Rougeole, Oreillons, Rubéole) comme l'indiquent les recommandations vaccinales d'avril 2020 (Figure 46) [148]. Cette obligation vaccinale s'applique à tout enfant, diabétique ou non.

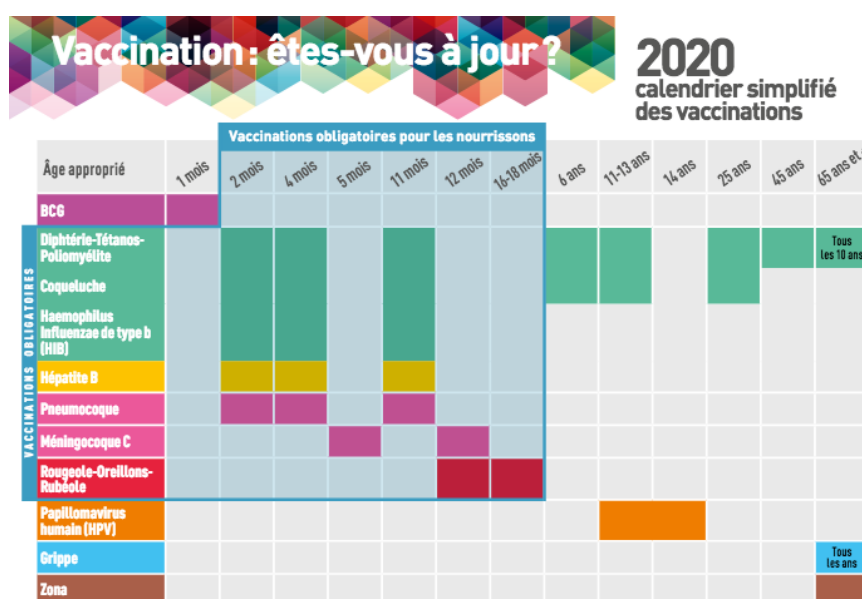


Figure 46 : Recommandations vaccinales 2020 [148]

Bénéficiant d'une prise en charge à 100% au titre de l'ALD-8, les enfants et adolescents diabétiques entrent également dans les recommandations de la vaccination antigrippale qui s'intègre donc à leur calendrier vaccinal.

Le pharmacien doit ainsi promouvoir la vaccination et accompagner les enfants diabétiques et leur famille dans l'évolution des pratiques de santé publique.

C. Accompagnement du patient

Suite au diagnostic de DT 1, le pharmacien se doit d'accompagner intégralement le patient lors de ses premiers passages à l'officine. Spécialiste dans la dispensation des médicaments, il doit donner au patient (et à sa famille) tous les conseils liés au bon usage des médicaments et dispositifs médicaux et également s'assurer que les posologies indiquées sur l'ordonnance sont cohérentes.

Il apporte au patient des informations complémentaires à celles du médecin et peut ainsi renforcer la cohérence des messages délivrés par les différents professionnels de santé [149].

Le rappel des règles de bon usage de l'insuline et l'apprentissage des techniques d'ASG font ainsi partie intégrante du travail du pharmacien d'officine au quotidien.

1. Bon usage de l'insuline

a) Règles de conservation

Les modalités de conservation de l'insuline doivent être énoncées au patient afin d'éviter tout risque de mésusage :

- Avant ouverture, l'insuline se conserve au froid (entre + 2°C et + 8°C), jusqu'à la date de péremption indiquée sur la boîte
- Après ouverture, l'insuline se conserve à température ambiante (entre +25°C et +30°C), à l'abri de la lumière et de la chaleur

Avant la première utilisation, il est conseillé de sortir l'insuline du réfrigérateur entre trente minutes et une heure avant l'injection afin qu'elle puisse atteindre la température ambiante. En effet, si l'insuline est trop froide lors de l'injection, celle-ci risque d'être plus douloureuse et la diffusion ralentie.

Le pharmacien peut conseiller à son patient d'inscrire sur un carnet le date de sortie de l'insuline du réfrigérateur afin de veiller à ne pas dépasser sa date limite d'utilisation après ouverture ; à savoir 4 semaines.

Si l'insuline a été exposée à des conditions de températures extrêmes (grand froid ou forte chaleur), il est préférable de ne pas l'utiliser, au risque que son efficacité ne soit limitée [150] (Figure 47).

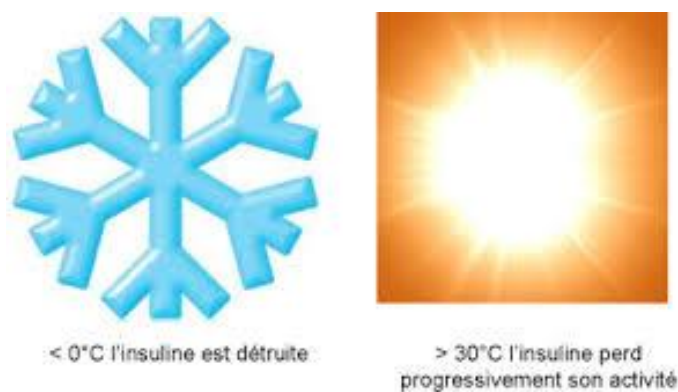


Figure 47 : Conservation de l'insuline à des températures extrêmes [150]

b) Modalités d'injection de l'insuline

Les modalités d'injection de l'insuline doivent être rappelées au patient lors de la délivrance d'une ordonnance comportant une insuline (cf. Partie 2., II. Traitement médicamenteux, B. Insulinothérapie, 6. Modalités d'administration de l'insuline).

Les patients sont généralement bien formés à l'utilisation de leur insuline mais un rappel est toujours bénéfique et permet parfois d'améliorer l'observance au traitement.

2. Bon usage des dispositifs médicaux

a) Matériel d'autosurveillance

Le pharmacien joue un rôle clé dans la dispensation des lecteurs de glycémie puisque le choix du lecteur peut être effectué directement par le prescripteur ou au contraire laissé à l'appréciation du pharmacien d'officine. Dans le second cas, le pharmacien s'attache à délivrer le lecteur de glycémie le plus adapté au patient (selon son âge et ses attentes face à l'ASG). La notion d'ergonomie doit également être prise en compte afin d'adapter le dispositif à l'environnement dans lequel l'enfant va être amené à vivre. Enfin, il faut prendre en compte l'adaptabilité du lecteur, ses fonctionnalités et les accessoires associés.

Chez les enfants et adolescents de moins de 18 ans, deux lecteurs de glycémie sont pris en charge tous les quatre ans et deux stylos auto-piqueurs tous les ans afin qu'un exemplaire de chaque puisse être disponible à domicile et en milieu scolaire [151].

La prescription d'un nouveau lecteur de glycémie s'accompagne généralement d'une démonstration quant à l'utilisation du matériel : fonctionnement du lecteur, de l'auto-piqueur et des consommables (lancettes, bandelettes). Le pharmacien doit ensuite s'assurer que le patient est capable de reproduire les gestes de façon autonome.

C'est aussi l'occasion pour le pharmacien de rappeler à l'enfant et/ou ses parents l'importance de l'ASG au quotidien ainsi que des moments de réalisation de ceux-ci.

b) Circuit des pompes à insuline

A l'heure actuelle, toute la réglementation concernant les pompes à insuline est gérée par un prestataire de santé et non par le pharmacien. L'enfant et sa famille choisissent, en lien avec le diabétologue, la pompe adaptée à l'enfant et le matériel nécessaire à sa bonne utilisation.

L'arrêté du 15 Janvier 2016 inclut le pharmacien dans le circuit des pompes à insuline [152].

Avant cette date, il n'était pas complètement intégré dans cette démarche alors qu'il est pourtant un des professionnels de santé que le patient rencontre le plus souvent à l'officine. Depuis le 4 Juillet 2016, le pharmacien d'officine est autorisé à délivrer des pompes à insuline, au même titre qu'un prestataire de santé. Il se doit ainsi de respecter les conditions applicables à la délivrance de ces dispositifs médicaux : fourniture et livraison des consommables et autres accessoires, assistance technique, intervention à domicile et entretien du matériel [153].

En effet, il s'agit du professionnel de santé de choix capable d'expliquer le fonctionnement et l'utilisation des dispositifs médicaux. Lors d'un changement de traitement (notamment le passage d'un type d'insuline à un autre), le pharmacien se doit d'expliquer les nouvelles conditions d'utilisation et/ou d'administration de l'insuline : dans le cadre du passage sous pompe, la délivrance d'insuline sera effectuée au moyen d'un cathéter et réservoir d'insuline. Le pharmacien délivre alors un flacon d'insuline et non un stylo et se doit d'expliquer la nouvelle fonctionnalité du traitement au patient et/ou à sa famille.

Bien que le passage sous pompe à insuline facilite la vie de nombreux patients diabétiques, il ne faut pas pour autant négliger l'ASG qui doit être poursuivie. Le pharmacien doit s'assurer, lors d'une dispensation, que l'enfant et/ou sa famille continuent à effectuer régulièrement les autocontrôles afin de déceler une éventuelle hypo- ou hyperglycémie ou un problème technique lié à l'utilisation de la pompe.

Le pharmacien peut également être formé à la surveillance du cathéter présent au niveau de la pompe : vérifier l'assiduité et les modalités de changement, vérifier que le remplissage d'insuline est bien effectué tous les 2/3 jours. Il faut inciter le patient à surveiller quotidiennement l'état du cathéter et à le changer en cas de doute ou de réaction cutanée. Quand le cathéter est endommagé ou qu'une bulle d'air s'est formée, le patient risque de ne pas recevoir correctement son insuline.

L'évolution des pratiques professionnelles permet donc l'intégration du pharmacien d'officine dans le circuit des pompes à insulines ; en favorisant notamment la communication et le partage de connaissances entre les différents corps de métiers intriqués dans la diabétologie.

3. Participation aux programmes d'ETP

La formation du pharmacien, lors de son cursus à la faculté, est complète puisqu'elle intègre de multiples modules. En effet, au-delà d'une spécialisation de base sur les médicaments, ce dernier se doit de connaître les outils nécessaires à une bonne communication. En tant que professionnel de santé de proximité, son accessibilité attire les patients souvent demandeurs de conseils.

Pour être intégré à une démarche d'ETP, le pharmacien doit suivre une formation (sous forme d'enseignements théoriques et pratiques) de minimum quarante heures. Cette formation est obligatoire et validée par l'Agence Régionale de la Santé (ARS). Elle permet au pharmacien de participer activement aux programmes d'ETP intra-hospitalier mais pas que. En effet, au-delà de l'inclusion dans un programme d'ETP, la formation fournit aux pharmaciens des connaissances et outils utilisables en pratique au comptoir de l'officine. Elle donne également au pharmacien les clefs pour adopter une bonne posture et s'exprimer dans un langage approprié face au patient.

4. Un pilier dans l'adhésion au traitement

L'adhésion au traitement est le principal frein à une bonne prise en charge de la maladie. Le pharmacien a un rôle primordial dans cette adhésion et doit trouver les mots justes pour inciter le patient à prendre soin de sa santé. Par sa proximité avec le patient, il a un rôle clé à jouer pour améliorer l'observance thérapeutique de son patient et renforcer les messages délivrés par les autres professionnels de santé [149].

Pour adhérer à son traitement, le patient doit comprendre ce qu'est le diabète et quels sont ses mécanismes. En premier lieu, le pharmacien doit s'assurer que son patient (ici l'enfant) et son entourage (ses parents généralement) ont compris l'indispensabilité de l'insuline et les bénéfices de sa bonne utilisation au quotidien. Il faut encourager les parents à exprimer leur craintes et/ou difficultés vis-à-vis du diabète sans les minimiser [147].

D. Professionnel de santé de proximité

A l'heure actuelle, le pharmacien d'officine est le seul professionnel de santé accessible sans rendez-vous. La permanence pharmaceutique et les services de garde et urgence offrent aux patients la possibilité de consulter un pharmacien 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7.

Le pharmacien est souvent qualifié de professionnel de santé de proximité puisqu'il intervient en première ligne dans le parcours de soin des patients atteints de pathologies chroniques, dont le diabète [149]. Lorsque celui-ci est installé dans une commune depuis plusieurs années, il se doit de connaître sa patientèle et notamment les différentes familles qui côtoient régulièrement son officine.

1. **Outils à disposition du pharmacien**

a) Dossier pharmaceutique et dossier médical partagé

A l'heure actuelle, le pharmacien d'officine dispose d'un accès au Dossier Pharmaceutique (DP) sous réserve que celui-ci soit activé. Ce dernier lui permet de consulter, grâce à la carte vitale, les délivrances du patient au cours des quatre derniers mois dans toutes les pharmacies de France équipées du DP.

Le pharmacien d'officine se doit de présenter les bénéfices de cet outil à sa patientèle et de l'inciter à ouvrir un DP notamment dans le cadre d'une pathologie chronique. L'objectif étant principalement de sécuriser la dispensation des médicaments et de renforcer le suivi du patient (Figure 48).

L'ouverture du DP permet ainsi au pharmacien d'avoir une vision globale des traitements délivrés et vérifier la bonne observance du patient du patient, à court, moyen et long terme.



Figure 48 : Objectifs du DP (Ordre National des Pharmaciens) [150]

Dans la continuité du DP, le Dossier Médical Partagé (DMP) se développe actuellement et permet de renforcer le lien entre la ville et l'hôpital. Il contient, en plus des informations sur les médicaments délivrés, les comptes rendus d'hospitalisation et analyses de biologie médicale. Il est accessible par tout professionnel de santé, sous réserve d'acceptation par le patient [155].

Un avenant à la convention pharmaceutique rémunère le pharmacien d'officine d'un euro symbolique pour tout ouverture de DMP afin de renforcer son rôle dans la coordination des soins et dans l'accompagnement du patient au quotidien. Des brochures informatives sur le DMP à destination des patients sont disponibles en officine ainsi que des stickers à apposer sur la carte vitale des patients dont le DMP vient d'être ouvert (Figure 49).



Figure 49 : Autocollant DMP à apposer sur la carte vitale du patient [155]

b) Brochures informatives

Le Conseil National de l'Ordre des Pharmaciens (CNOF) et le Comité d'Education Sanitaire et Sociale de la Pharmacie française (Cespharm) jouent un rôle prépondérant dans l'apport d'informations aux pharmaciens d'officine.

Ils participent aux campagnes nationales de santé publique et fournissent aux pharmacies d'officine des outils pour informer et éduquer les patients atteints de pathologies chroniques [156].

2. Un véritable conseiller

Au-delà des aspects réglementaires et médicaux, le pharmacien d'officine se démarque des autres professionnels de santé par son rôle de conseiller. Un simple passage à l'officine peut être saisi comme une occasion de rappeler aux patients ses prochains rendez-vous médicaux ou certaines recommandations relatives à sa pathologie (rappel vaccinal, vigilance face à un contexte infectieux prédominant).

Le pharmacien est également qualifié pour repérer une situation anormale pouvant entraîner un défaut temporaire dans l'observance du patient. Il peut ainsi être amené à inciter le patient à consulter son médecin ou tout autre professionnel de santé.

Une véritable relation de confiance doit s'installer entre le pharmacien et son patient afin qu'il puisse l'aider et le conseiller de la meilleure des façons possibles. Ainsi, peut se créer une « alliance thérapeutique » dans laquelle le pharmacien joue un rôle de médiateur entre le patient, sa motivation, son traitement et les autres professionnels de santé [149].

3. Un soutien psychologique et social

L'empathie est une qualité non négligeable face à un patient atteint d'une maladie chronique. Tout professionnel de santé se doit d'être à l'écoute de son patient et de trouver les mots pour le rassurer ; tout en l'incitant à suivre les recommandations qui s'appliquent à la maladie et son traitement.

Le pharmacien représente un atout dans le soutien psychologique et social du patient et de son entourage. Le manque de motivation ou la perte d'efficacité du traitement plongent le patient dans une situation de désarroi. Un soutien extérieur et bien mené peut aider le patient à remonter la pente.

Qui n'a jamais franchi le seuil d'une pharmacie dans le seul et unique but de se sentir écouté et compris ?

E. Pharmacien de demain

A mesure que les années passent, les pharmaciens se voient confier de nombreuses missions.

La loi HPST de 2009 participe grandement à revaloriser le rôle du pharmacien d'officine dans le parcours de soins des patients atteints de pathologies chroniques. Elle ouvre la possibilité au pharmacien d'officine de s'impliquer dans des missions de santé publique mais pas que.

En Juillet 2019, le Sénat a adopté un projet de loi relatif à l'organisation et à la transformation du système de santé en France, offrant une fois de plus au pharmacien l'opportunité de s'impliquer dans de nouvelles missions. Ce projet de loi s'inscrit dans la mise en œuvre du plan « Ma Santé 2022 » visant à améliorer l'accessibilité aux soins et la formation, l'organisation et la coordination des différents professionnels de santé [157, 158]. Cette coordination passe notamment par la création de CPTS (Communautés Professionnelles Territoriales de Santé) pouvant répondre à une ou plusieurs problématiques de santé sur un territoire donné [159].

L'accompagnement des enfants diabétiques de type 1 est un challenge que les pharmaciens d'officine peuvent relever haut la main, grâce à des formations efficaces et une évidente motivation personnelle.

CONCLUSION

La prise en charge d'un enfant diabétique est longue, complexe et passe par de multiples étapes. Elle se fonde sur cinq grands piliers indispensables, à savoir : la mise en place d'une insulinothérapie intensifiée, une ASG régulière, une alimentation adaptée, la pratique d'une activité physique régulière et enfin l'intégration dans une démarche d'ETP. Chacune de ces étapes nécessite l'intervention de professionnels de santé formés, dont le pharmacien d'officine.

Le diabète de type 1 est une maladie invisible et méconnue du grand public. C'est pourquoi, il est primordial de communiquer pour sortir de l'inconnu et lutter contre la peur qui réside autour de cette maladie. Grandir avec un diabète n'est pas chose simple. Il faut garder à l'esprit qu'un enfant diabétique est avant tout un enfant avec des besoins et des envies.

Depuis la découverte de l'insuline en 1921 jusqu'à aujourd'hui, les progrès en matière de diabétologie sont fulgurants. Ces dernières années ont été riches en évolution avec notamment la perspective d'une boucle fermée. L'objectif ultime est l'apport de nouvelles cellules bêta pancréatiques, mais réussira-t-on un jour à bloquer les mécanismes de l'auto-immunité ?

A l'heure actuelle, il n'est pas possible de recréer physiologiquement de l'insuline sans cellules bêta fonctionnelles. Pour autant, de nombreuses recherches s'attèlent à la possibilité de reprogrammer certaines cellules de son propre corps, notamment dermiques, en cellules bêta. Des études aux Etats-Unis ont envisagé la possibilité de transformer des cellules GABA en cellules bêta mais les résultats publiés sont douteux puisque la molécule GABA a une durée de vie trop courte. D'autres études sont en cours en Chine et au Danemark.

La recherche scientifique se poursuit et permet d'entrevoir des possibilités de guérison par les thérapies cellulaires et immunologiques. Rechercher permet de comprendre et la compréhension est un premier pas vers la guérison. En attendant, il faut soulager les patients du fardeau quotidien qu'est la maladie : du calcul des doses d'insuline à la peur des hypoglycémies, les moments de répit sont courts et doivent être choyés.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] OMS | Diabète, https://www.who.int/topics/diabetes_mellitus/fr/ (accessed 10 March 2019).
- [2] Wémeau J-L, Vialettes B, Schlienger J-L. *Endocrinologie, diabète, métabolisme et nutrition pour le praticien*. Elsevier Masson, 2014.
- [3] Wherrett DK, Ho J, Huot C, et al. Type 1 Diabetes in Children and Adolescents. *Can J Diabetes* 2018; 42: S234–S246.
- [4] Bouhours-Nouet N, Coutant R. Aspects cliniques et diagnostiques du diabète de l'enfant. *EMC - Pédiatrie - Mal Infect* 2011; 6: 1–20.
- [5] Diabète de type 1. *Inserm - La science pour la santé*, <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/diabete-type-1> (accessed 11 April 2019).
- [6] Mallone R. Le diabète de type 1 : une maladie auto-immune et de la cellule bêta. 2017; 6.
- [7] Lehuen A, Diana J, Simoni Y, et al. Rôle des cellules immunitaires innées dans le diabète de type 1. *Diabetes Metab* 2014; 40: A116.
- [8] SFEndocrino, <http://www.s fendocrino.org/article/392/item-233-a-ndash-diabete-sucre-de-type-1> (accessed 10 March 2019).
- [9] Barat P. Épidémiologie du diabète de type 1 de l'enfant. *Soins PédiatriePuériculture* 2016; 37: 10–12.
- [10] Schwitzgebel V, Dirlewanger M, Klee P. La prise en charge du jeune diabétique type 1. *Forum Méd Suisse – Swiss Med Forum*; 17. Epub ahead of print 15 November 2017. DOI: 10.4414/fms.2017.03097.
- [11] Inserm_RapportThematique_SurveillanceDiabeteEnfant.pdf.
- [12] Barat P, Lévy-Marchal C. Épidémiologie des diabètes sucrés chez l'enfant. *Arch Pédiatrie* 2013; 20: S110–S116.
- [13] Piffaretti C. Incidence of type 1 diabetes in children in 2013-2015 in France based on the national health insurance database/regional variations. 2017; 8.
- [14] Barat P, Valade A, Brosselin P, et al. The growing incidence of type 1 diabetes in children: The 17-year French experience in Aquitaine. *Diabetes Metab* 2008; 34: 601–605.
- [15] Oikarinen S, Tauriainen S, Hober D, et al. Virus Antibody Survey in Different European Populations Indicates Risk Association Between Coxsackievirus B1 and Type 1 Diabetes. *Diabetes* 2014; 63: 655–662.
- [16] Dubois-Laforgue D. Virus coxsackie et diabète de type 1 : un pas supplémentaire.... *Médecine Mal Métaboliques* 2015; 9: 46–47.
- [17] Schlienger J-L, Luca F, Griffon C. Déficit en vitamine D et risque de diabète. *Médecine Mal Métaboliques* 2010; 4: 558–562.
- [18] Brèves: Vitamine D et diabète : encore des données! *Médecine Mal Métaboliques* 2019; 13: 293.
- [19] Item_233_Diabete_sucre_1_2_enfant.pdf.
- [20] Nguyen S, Bourouina R. *Manuel d'anatomie et de physiologie*. Lamarre.
- [21] Beltrand J, Godot C, Robert J-J. Les spécificités du diabète, de son traitement et de l'approche éducative chez l'enfant et l'adolescent. *Médecine Mal Métaboliques* 2015; 9: 649–654.
- [22] Jukka Karjalainen, M.D., Pasi Salmela, M.D., Jorma Ilonen, M.D., Heljä-Marja Surcel, M.Sc., and Mikael Knip, M.D. A Comparison of Childhood and Adult Type I Diabetes Mellitus. *April 6 1989; N Engl J Med* 1989; 320:881-886.

- [23] Le diabète sucré chez les enfants et les adolescents - Pédiatrie. *Édition professionnelle du Manuel MSD*, <https://www.msmanuals.com/fr/professional/p%C3%A9diatrie/pathologies-endocriniennes-p%C3%A9diatriques/le-diab%C3%A8te-sucr%C3%A9-chez-les-enfants-et-les-adolescents> (accessed 30 August 2019).
- [24] Rapport mondial diabète (OMS), <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254648/9789242565256-fre.pdf?sequence=1> (accessed 10 March 2019).
- [25] World Health Organization, International Diabetes Federation. *Definition and diagnosis of diabetes mellitus and intermediate hyperglycaemia: report of a WHO/IDF consultation*, http://www.who.int/diabetes/publications/diagnosis_diabetes2006/en/ (2006, accessed 10 January 2020).
- [26] SFEndocrino, <http://www.sfendocrino.org/article/693/item-ue8-ot-245-diabete-sucre-de-types-1-et-2-de-l-enfant-et-de-l-adulte> (accessed 8 November 2019).
- [27] Etienne Larger. Diabète de type 1. *Juin 2018*; Volume 68.
- [28] Hughes JW, Riddlesworth TD, DiMeglio LA, et al. Autoimmune Diseases in Children and Adults With Type 1 Diabetes From the T1D Exchange Clinic Registry. *J Clin Endocrinol Metab* 2016; 101: 4931–4937.
- [29] ETUDE INNODIA. *The dear lab*, <https://thedearylabetest.weebly.com/etude-innodia1.html> (accessed 10 January 2020).
- [30] An Innovative Approach Towards Understanding and Arresting Type 1 Diabetes (INNODIA) - Full Text View - ClinicalTrials.gov, <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT03936634> (accessed 3 February 2020).
- [31] The dear lab. *The dear lab*, <https://thedearylabetest.weebly.com/> (accessed 10 January 2020).
- [32] Boileau P, Merle B, Bougnères P-F. Traitement du diabète de l'enfant et de l'adolescent. *EMC - Pédiatrie* 2005; 2: 163–178.
- [33] Beltrand J, Robert J-J. L'insulinothérapie en pédiatrie. *Arch Pédiatrie* 2013; 20: S131–S135.
- [34] créative A synergie. Le traitement du diabète, de 1921 à aujourd'hui. *Diabète Québec*, <http://www.diabete.qc.ca/fr/comprendre-le-diabete/tout-sur-le-diabete/histoire-du-diabete/le-traitement-du-diabete-de-1921-a-aujourd'hui> (accessed 27 August 2019).
- [35] Qu'est ce que l'insuline | Son histoire | Ses modes d'injection. *World Diabetes Tour*, <https://worlddiabetestour.org/fr/diabete/l-insuline-notre-vie> (accessed 27 October 2019).
- [36] Schlienger J-L, Blicklé J-F. Les 20 ans qui suivirent la découverte de l'insuline. *Médecine Mal Métaboliques* 2014; 8: 662–668.
- [37] Limat Samuel Calop Jean, Fernandez Christine AG. *Pharmacie clinique et thérapeutique*. 4ème édition. Elsevier Masson, 2012.
- [38] Beltrand J, Polak M. Traitement du diabète de type 1 de l'enfant et de l'adolescent. 2019; 10.
- [39] Insulines, <https://pharmacomedicale.org/medicaments/par-specialites/item/insulines> (accessed 24 January 2020).
- [40] L'insulinothérapie fonctionnelle - Insulib - Insulinothérapie Fonctionnelle - IF - diabète, <http://www.insulib.com/l-insulinothérapie-fonctionnelle/> (accessed 7 November 2019).
- [41] L'insulinothérapie fonctionnelle, modèle d'éducation thérapeutique. *Centre Européen d'Etude du Diabète*, <http://ceed-diabete.org/blog/linsulinothérapie-fonctionnelle-modele-déducation-thérapeutique/> (accessed 7 November 2019).

- [42] Dumontet F, Mochon S. L'éducation à l'insulinothérapie fonctionnelle chez l'enfant. *Soins* 2012; 57: 19–24.
- [43] Bon Usage des insulines et de leurs stylos - Le stylo à insuline, http://www.omedit-centre.fr/stylo/co/1_stylo_.html (accessed 31 January 2020).
- [44] Où injecter ?, <https://www.bd.com/fr-fr/offerings/diabetes-care/diabetes-information-center/injection-technique/where-to-inject> (accessed 31 January 2020).
- [45] L'injection d'insuline. *Ajd*, <https://www.ajd-diabete.fr/le-diabete/tout-savoir-sur-le-diabete/linjection-dinsuline/> (accessed 16 October 2019).
- [46] FIT_Canada_Recs_2017.pdf, http://www.fit4diabetes.com/files/9014/9504/6651/FIT_Canada_Recs_2017.pdf (accessed 3 February 2020).
- [47] reco_sfd_surveillance_glycemique_mars2017.pdf, https://www.sfdiabete.org/sites/www.sfdiabete.org/files/files/ressources/reco_sfd_surveillance_glycemique_mars2017.pdf (accessed 20 October 2019).
- [48] Bon Usage des insulines et de leurs stylos - Les lipodystrophies, http://www.omedit-centre.fr/stylo/co/2_lipodystrophies.html (accessed 20 October 2019).
- [49] BD Diabetes - Vivre avec son diabète - Technique d'injection - Lipohypertrophie, <https://legacy.bd.com/fr/diabetes/page.aspx?cat=6979&id=64168> (accessed 31 January 2020).
- [50] Tout sur l'injection. *Diabète Québec*, <https://www.diabete.qc.ca/fr/vivre-avec-le-diabete/soins-et-traitements/medicaments-et-insuline/all-about-injections/> (accessed 31 January 2020).
- [51] BD Diabetes - Vivre avec son diabète - Technique d'injection - Longueur d'aiguille et pli cutané, <https://legacy.bd.com/fr/diabetes/page.aspx?cat=6979&id=64162> (accessed 3 February 2020).
- [52] Comment gérer mes déchets d'activités de soins à risques infectieux (Dasri) ?, <https://www.federationdesdiabetiques.org/diabete/traitements/dechets-de-soins> (accessed 3 February 2020).
- [53] Clavel S, Guerci B, Hanaire H, et al. Quand et comment traiter un patient diabétique par pompe à insuline externe ? *Médecine Mal Métaboliques* 2009; 3: 219–227.
- [54] Prescription de pompes (2018-05-22), CPAM, http://www.cpam21.fr/EnDirectPS/Medecins/2018/2018-05-22_pompes_insuline.pdf (accessed 9 January 2020).
- [55] Clavel S. Le traitement par pompe à insuline externe. 2010; 6.
- [56] Le fonctionnement de la pompe à insuline. *La pompe à insuline, parlons-en !*, <https://pompeainsuline.federationdesdiabetiques.org/comment-ca-marche/fonctionnement-pai/> (accessed 24 January 2020).
- [57] Rennes CHU de. Le traitement par pompe à insuline. *Site Internet du Centre Hospitalier Universitaire de Rennes*, <https://www.chu-rennes.fr/la-diabetologie/le-traitement-par-pompe-a-insuline-577.html> (accessed 5 August 2019).
- [58] AboutKidsHealth, <https://www.aboutkidshealth.ca:443/fr/article?contentid=1733&language=French> (accessed 8 March 2020).
- [59] Les nouvelles pompes à insuline. *Centre Européen d'Etude du Diabète*, <http://ceed-diabete.org/blog/les-nouvelles-pompes-a-insuline/> (accessed 4 February 2020).
- [60] Pompe à Insuline | Vivre avec un Diabète. *World Diabetes Tour*, <https://worlddiabetestour.org/fr/diabete/la-pompe-a-insuline> (accessed 24 January 2020).

- [61] CP_DASTRI_nouvelle-collecte-des-pompes-patch-.pdf, https://www.dastri.fr/wp-content/uploads/2018/04/CP_DASTRI_nouvelle-collecte-des-pompes-patch-.pdf (accessed 3 March 2020).
- [62] Pompe à Insuline 640G de Medtronic | Mesure du Glucose en Continu. *World Diabetes Tour*, <https://worlddiabetestour.org/fr/diabete/la-pompe-a-insuline-640g-de-medtronic> (accessed 24 January 2020).
- [63] Les Accessoires | Parlons Diabète, <https://www.parlonsdiabete.com/pompe-a-insuline/les-accessoires> (accessed 4 February 2020).
- [64] Insulin Pump Pouch Medical Case Diabetes Pack Zipper Belt Pump Cover unicorn pack with adjustable rubber purse rose. *Etsy*, https://www.etsy.com/fr/listing/736822819/insulin-pump-pouch-medical-case-diabetes?utm_source=OpenGraph&utm_medium=PageTools&utm_campaign=Share (accessed 8 March 2020).
- [65] Pompe à insuline poche de diabète pompe cas médical pack Zipper Belt Pump Cover tissus en caoutchouc réglables sac à main dans le chiot blanc gris. *Etsy*, https://www.etsy.com/fr/listing/491128959/pompe-a-insuline-poche-de-diabete-pompe?utm_source=OpenGraph&utm_medium=PageTools&utm_campaign=Share (accessed 8 March 2020).
- [66] Scheidegger UA, Mullis PE. Urgences chez l'enfant et l'adolescent équipé d'une pompe à insuline. 2.
- [67] Tubiana-Rufi N. Les technologies au service de l'enfant atteint de diabète de type 1. *Arch Pédiatrie* 2013; 20: S127–S130.
- [68] Pancréas artificiel | Boucle Fermée | Vivre avec un diabète. *World Diabetes Tour*, <https://worlddiabetestour.org/fr/diabete/pancreas-artificiel-br-actualites> (accessed 4 February 2020).
- [69] Haidar A, Matteau-Pelletier L, Messier V, et al. O12 Évaluation de l'efficacité du pancréas artificiel pour réduire les hypoglycémies nocturnes dans un camp de vacances pour enfants présentant un diabète de type 1. *Diabetes Metab* 2015; 41: A4.
- [70] Dubois-Laforgue D. Le pancréas artificiel dans la vraie vie chez les enfants : fiable, efficace, mais pas sans contrainte. *Médecine Mal Métaboliques* 2014; 8: 75–76.
- [71] Studies provide long-term safety, efficacy data for artificial pancreas use. *ADA Meeting News*, <https://www.adameetingnews.org/live-updates/session-coverage/studies-provide-long-term-safety-efficacy-data-for-artificial-pancreas-use/> (accessed 26 January 2020).
- [72] Efficacy of Closed-loop Insulin Therapy in Prepubertal Child in Free-life - Full Text View - ClinicalTrials.gov, <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT03739099> (accessed 4 February 2020).
- [73] Diabeloop for Kids - Full Text View - ClinicalTrials.gov, <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT03671915> (accessed 4 February 2020).
- [74] Guide ALD8 - Diabète pédiatrie.
- [75] DiMeglio LA, Acerini CL, Codner E, et al. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2018: Glycemic control targets and glucose monitoring for children, adolescents, and young adults with diabetes. *Pediatr Diabetes* 2018; 19: 105–114.
- [76] Guilmin-Crépon S, Tubiana-Rufi N. L'autosurveillance glycémique chez l'enfant et l'adolescent diabétique de type 1. *Médecine Mal Métaboliques* 2010; 4: S12–S19.
- [77] ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2014 Compendium: Assessment and monitoring of glycemic control in children and adolescents with diabetes. *Pediatr Diabetes* 2015; 16: 392–392.

- [78] Robert JJ. Autosurveillance dans la prise en charge du diabète de l'enfant. *Diabetes Metab* 2003; 29: 2S47-2S53.
- [79] La glycémie - Surveiller le diabète. *Ajd*, <https://www.ajd-diabete.fr/le-diabete/tout-savoir-sur-le-diabete/la-surveillance/> (accessed 27 January 2020).
- [80] [prelevement_capillaire_pdf.pdf](https://www.federationdesdiabetiques.org/sites/default/files/field/documents/prelevement_capillaire_pdf.pdf), https://www.federationdesdiabetiques.org/sites/default/files/field/documents/prelevement_capillaire_pdf.pdf (accessed 12 February 2020).
- [81] Carnet de glycémie, <https://www.dinnosante.fr/fre/33/telechargements/telechargements> (accessed 24 January 2020).
- [82] La mesure du glucose en continu, <https://www.federationdesdiabetiques.org/information/glycemie/mesure-du-glucose-en-continu> (accessed 24 January 2020).
- [83] Phillip M, Danne T, Shalitin S, et al. Use of continuous glucose monitoring in children and adolescents *. *Pediatr Diabetes* 2012; 13: 215–228.
- [84] Tubiana-Rufi N, Sierra P. La mesure continue du glucose chez l'enfant et l'adolescent. *Médecine Mal Métaboliques* 2016; 10: 636–643.
- [85] Médecine Clinique endocrinologie & diabète | La mesure continue du glucose : du nouveau dans la surveillance et le traitement du diabète, <https://www.mced.fr/archives/mced/50/la-mesure-continue-du-glucose-du-nouveau-dans-la-surveillance-et-le-traitement-du-diabete.html> (accessed 24 January 2020).
- [86] Dexcom G4® : mesure continue de glucose, <https://www.dinnosante.fr/fre/97/dexcom> (accessed 26 January 2020).
- [87] Bolinder J, Antuna R, Geelhoed-Duijvestijn P, et al. Novel glucose-sensing technology and hypoglycaemia in type 1 diabetes: a multicentre, non-masked, randomised controlled trial. *The Lancet* 2016; 388: 2254–2263.
- [88] Diabète et Contrôle du taux de glucose | Abbott - Freestyle Libre, <https://www.freestylelibre.fr/libre/index.html> (accessed 2 September 2019).
- [89] CEPP-5113_FREESTYLE LIBRE_12_juillet_2016_(5113)_avis.pdf, [https://www.has-sante.fr/upload/docs/evamed/CEPP-5113_FREESTYLE%20LIBRE_12_juillet_2016_\(5113\)_avis.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/evamed/CEPP-5113_FREESTYLE%20LIBRE_12_juillet_2016_(5113)_avis.pdf) (accessed 12 January 2020).
- [90] FreeStyle Libre : modalités de prescription | Société Francophone du Diabète, <https://www.sfdiabete.org/actualites/medical/freestyle-libre-modalites-de-prescription> (accessed 23 October 2019).
- [91] Arrêté du 4 mai 2017 portant inscription du système flash d'autosurveillance du glucose FREESTYLE LIBRE de la société ABBOTT France au titre 1er de la liste des produits et prestations remboursables prévue à l'article L. 165-1 du code de la sécurité sociale.
- [92] LPP : Conditions Générales - Autocontrôle du glucose interstitiel, lecteur, abbot, freestyle libre, http://www.codage.ext.cnamts.fr/cgi/tips/cgi-cond?p_code_tips=1103570&p_menu=FICHE&p_site=AMELI (accessed 23 October 2019).
- [93] App FreeStyle Librelink. MyFreeStyle BE, <https://myfreestyle.be/fr/produit/freestyle-librelink/> (accessed 6 February 2020).
- [94] Digital Health Solution | FreeStyle Glucose Meters, <https://freestylediabetes.co.uk/freestyle-libre/digital-health-solutions> (accessed 6 February 2020).
- [95] Pedersen A. Are Investors Growing Impatient for FDA Approval of Abbott's Libre 2 iCGM? *MDDI Online*, <https://www.mddionline.com/are-investors-growing-impatient-fda-approval-abbotts-libre-2> (2019, accessed 12 January 2020).

- [96] FreeStyle Libre 2 en approche. *Le Pharmacien de France - Magazine*, <http://www.lepharmaciendefrance.fr/actualite-web/freestyle-libre-2-en-approche> (2018, accessed 2 September 2019).
- [97] Freestyle 2 bientôt disponible, https://www.lequotidiendupharmacien.fr/actualite-pharmaceutique/article/2018/10/02/freestyle-2-bientot-disponible_274238 (accessed 23 October 2019).
- [98] Cours, http://campus.cerimes.fr/media/campus/deploiement/pediatrie/enseignement/hypoglycemie_enfant/site/html/1.html (accessed 24 September 2019).
- [99] Hypoglycémie de l'enfant diabétique | Diabète chez l'enfant, <https://www.lilly.fr/fr/maladie/diabete/abc-diabete/hypo-hyper/hypo-hyper-hypoglycemie.aspx> (accessed 24 September 2019).
- [100] Bouhours-Nouet N, Coutant R. Clinique et diagnostic du diabète de l'enfant. *EMC - Pédiatrie* 2005; 2: 220–242.
- [101] Robert J-J, Choleau C. Prévenir l'acidocétose au moment du diagnostic du diabète de type 1 chez l'enfant et l'adolescent. *Médecine Mal Métaboliques* 2015; 9: 643–648.
- [102] Mon enfant a-t-il un diabète ? *Ajd*, <https://www.ajd-diabete.fr/le-diabete/mon-enfant-a-t-il-un-diabete/> (accessed 31 October 2019).
- [103] Sustained Effect of Intensive Treatment of Type 1 Diabetes Mellitus on Development and Progression of Diabetic Nephropathy: The Epidemiology of Diabetes Interventions and Complications (EDIC) Study. *JAMA* 2003; 290: 2159.
- [104] Effect of intensive diabetes treatment on the development and progression of long-term complications in adolescents with insulin-dependent diabetes mellitus: Diabetes Control and Complications Trial. *J Pediatr* 1994; 125: 177–188.
- [105] Diabète et psychologie. *Ajd*, <https://www.ajd-diabete.fr/le-diabete/vivre-avec-le-diabete/diabete-et-psychologie/> (accessed 20 July 2019).
- [106] Dossier : L'alimentation dans le diabète insulino-dépendant de l'enfant. *Institut Danone*, <http://institutdanone.org/objectif-nutrition/l'alimentation-dans-le-diabete-insulinodependant-de-lenfant/dossier-l'alimentation-dans-le-diabete-insulinodependant-de-lenfant/> (accessed 4 September 2019).
- [107] Mosser F. L'alimentation de l'enfant diabétique. 2011; 6: 3.
- [108] NUT2012SA0103Ra-2.pdf, <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2012SA0103Ra-2.pdf> (accessed 16 January 2020).
- [109] References nutritionnelles en macronutriments adultes/enfant (N°126), https://www.cerim.org/wp-content/uploads/woocommerce_uploads/2017/05/126-References-nutritionnelles-macronutriments-adultes-enfants.pdf (accessed 16 January 2020).
- [110] Fortin A, Boudreau V, Rabasa-Lhoret R, et al. Diabète de type 1 et surplus de poids : au-delà des glucides. *Médecine Mal Métaboliques* 2017; 11: 131–135.
- [111] Champ M. Les glucides: classifications et dénominations diverses. *Médecine Mal Métaboliques* 2018; 12: 400–404.
- [112] La consommation des glucides chez l'enfant et l'adolescent. *Arch Pédiatrie* 2006; 13: 1095–1097.
- [113] Manus J-M. Biochimie des glucides : des idées à revoir chez le diabétique. *Rev Fr Lab* 2001; 2001: 9.
- [114] Dal Gobbo H, Bétry C. L'actualité de l'indice glycémique. *Médecine Mal Métaboliques* 2018; 12: 418–422.

- [115] Tableau des index glycémiques, <https://www.lanutrition.fr/bien-dans-son-assiette/le-potentiel-sante-des-aliments/index-et-charge-glycemiques/tableau-des-index-glycemiques> (accessed 17 January 2020).
- [116] indices-glycemiques.pdf, <https://www.elveapharma.com/wp-content/uploads/2017/02/indices-glycemiques.pdf> (accessed 6 February 2020).
- [117] Alimentation et diabète, <https://www.ajd-diabete.fr/le-diabete/vivre-avec-le-diabete/l'alimentation/> (accessed 17 January 2020).
- [118] Alimentation et diabète. *Ajd*, <https://www.ajd-diabete.fr/le-diabete/vivre-avec-le-diabete/l'alimentation/> (accessed 12 February 2020).
- [119] Robertson K, Riddell MC, Guinhouya BC, et al. Exercise in children and adolescents with diabetes. *Pediatr Diabetes* 2014; 15: 203–223.
- [120] OMS | Activité physique pour les jeunes. WHO, https://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_young_people/fr/ (accessed 20 January 2020).
- [121] Øverby NC, Margeirsdottir HD, Brunborg C, et al. Physical activity and overweight in children and adolescents using intensified insulin treatment. *Pediatr Diabetes* 2009; 10: 135–141.
- [122] Jabbour G, Henderson M, Mathieu M-E. Barriers to Active Lifestyles in Children with Type 1 Diabetes. *Can J Diabetes* 2016; 40: 170–172.
- [123] M. de Kerdanet, E. Heyman. Activité physique et diabète de type 1 chez l'enfant et l'adolescent : pourquoi ? comment ? In: *Diabétologie de l'enfant*. 2019.
- [124] Pérez-Martin A, Raynaud E, Mercier J. Insulin resistance and associated metabolic abnormalities in muscle: effects of exercise. *Obes Rev* 2001; 2: 47–59.
- [125] Le sport. *Ajd*, <https://www.ajd-diabete.fr/le-diabete/vivre-avec-le-diabete/le-sport/> (accessed 2 September 2019).
- [126] Le sport - *Ajd*, <https://www.ajd-diabete.fr/le-diabete/vivre-avec-le-diabete/le-sport/> (accessed 23 January 2020).
- [127] Recommandations | Association Diabète et Plongée, <https://www.diabeteplongee.fr/> (accessed 2 September 2019).
- [128] Le Rhun A, Greffier C, Mollé I, et al. Spécificités de l'éducation thérapeutique chez l'enfant. *Rev Fr Allergol* 2013; 53: 319–325.
- [129] Rapport_Education_therapeutique_du_patient.pdf, https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport_Education_therapeutique_du_patient.pdf (accessed 27 February 2020).
- [130] Nos séjours. *Ajd*, <https://www.ajd-diabete.fr/les-sejours-educatifs/liste-sejour/> (accessed 5 September 2019).
- [131] Le Tallec C. Stratégies éducatives en diabétologie pédiatrique. *Arch Pédiatrie* 2013; 20: S136–S143.
- [132] Pélicand Julie. Maladies chroniques : l'éducation du patient enfant passe par le jeu. *2006-10*; 8–10.
- [133] Baron S, Perray M-C, Vanbrabant M, et al. Éducation thérapeutique collective : ce qu'en pensent les adolescents diabétiques. *Arch Pédiatrie* 2008; 15: 747–749.
- [134] L'éducation thérapeutique du diabète. *Diabète de l'enfant*, <http://enfance-adolescence-diabete.org/leducation-therapeutique-du-diabete/> (accessed 30 January 2020).
- [135] - Trouvez un programme d'Education Thérapeutique près de chez vous, <http://www.mon-etp.fr/c/mon-etp/detail/7535/education-therapeutique-diabete-de-type-1-programme-pour-l-enfant-diab?> (accessed 30 January 2020).
- [136] L'offre d'ETP en Hauts-de-France, <http://www.hauts-de-france.ars.sante.fr/loffre-detp-en-hauts-de-france> (accessed 27 February 2020).

- [137] Le Projet d'Accueil Individualisé (PAI). *Diabète de l'enfant*, <http://enfance-adolescence-diabete.org/le-projet-daccueil-individualise/> (accessed 23 September 2019).
- [138] Le projet d'accueil individualisé (PAI). *Diabète de l'enfant et de l'adolescent HU Robert-Debré*, <http://diabete-robertdebre.aphp.fr/ecole/projet-accueil-individualise-pai/> (2013, accessed 13 February 2020).
- [139] Après le diagnostic. *Diabète de l'enfant*, <http://enfance-adolescence-diabete.org/apres-le-diagnostic/> (accessed 5 September 2019).
- [140] Kessler L, Mansilla M. Épidémiologie et particularité du diabète à l'adolescence. *Médecine Mal Métaboliques* 2019; 13: 400–403.
- [141] Benyi E, Säwendahl L. The Physiology of Childhood Growth: Hormonal Regulation. *Horm Res Paediatr* 2017; 88: 6–14.
- [142] VanBuecken DE, Greenbaum CJ. Residual C-peptide in type 1 diabetes: what do we really know? *Pediatr Diabetes* 2014; 15: 84–90.
- [143] Baron S, Perray M-C, Vanbrabant M, et al. Éducation thérapeutique collective : ce qu'en pensent les adolescents diabétiques. *Arch Pédiatrie* 2008; 15: 747–749.
- [144] Lange K, Swift P, Pańkowska E, et al. Diabetes education in children and adolescents. *Pediatr Diabetes* 2014; 15: 77–85.
- [145] AJD - Qui sommes-nous ? *Ajd*, https://www.ajd-diabete.fr/lassociation-ajd/1_lassociation-ajd/ (accessed 30 January 2020).
- [146] AJD - Aide aux Jeunes Diabétiques. *Ajd*, <https://www.ajd-diabete.fr/> (accessed 12 February 2020).
- [147] TousPharmaciens, revue trimestrielle de l'ONP, http://www.ordre.pharmacien.fr/content/download/358968/1735953/version/6/file/TousPharmaciens_n%C2%B03_interactif.pdf (accessed 12 February 2020).
- [148] calendrier_vaccinal_avril_2020.pdf, https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/calendrier_vaccinal_mars_2019.pdf (accessed 15 August 2020).
- [149] Bedhomme S, Roche B, Ramin M, et al. Place du pharmacien d'officine dans l'éducation thérapeutique du patient diabétique. *Médecine Mal Métaboliques* 2012; 6: 435–440.
- [150] Bon Usage des insulines et de leurs stylos - Les règles de conservation de l'insuline, http://www.omedit-centre.fr/stylo/co/6_conservation_de_l_insuline.html (accessed 30 January 2020).
- [151] Autosurveillance de la glycémie, <https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/autosurveillance-glycemie/autosurveillance-glycemie> (accessed 12 February 2020).
- [152] les_pharmaciens_entrent_dans_le_circuit_des_pompes_a_insuline_19012015.pdf, https://www.federationdesdiabetiques.org/sites/default/files/field/documents/les_pharmaciens_entrent_dans_le%20circuit_des_pompes_a%20_insuline_19012015.pdf (accessed 10 January 2020).
- [153] pharmacies.fr LM des. Les pompes à insuline externe - Le Moniteur des Pharmacies n° 3214 du 03/03/2018 - Revues - Le Moniteur des pharmacies.fr. *Le Moniteur des pharmacie.fr*, <https://www.lemoniteurdespharmacies.fr/revues/le-moniteur-des-pharmacies/article/n-3214/les-pompes-a-insuline-externe.html> (accessed 16 January 2020).
- [154] Qu'est-ce que le DP ? - Le Dossier Pharmaceutique - Ordre National des Pharmaciens, <http://www.ordre.pharmacien.fr/Le-Dossier-Pharmaceutique/Qu-est-ce-que-le-DP> (accessed 12 February 2020).

[155] DMP : Dossier Médical Partagé, <https://www.dmp.fr/> (accessed 8 March 2020).

[156] Le pharmacien d'officine : partenaire, acteur, éducateur (Journal du DELF), <https://www.afdet.net/wp-content/uploads/2016/12/journal-35.pdf> (accessed 13 February 2020).

[157] Loi relative à l'organisation et à la transformation du système de santé : Des évolutions structurantes pour les pharmaciens au bénéfice des patients - Communications - Ordre National des Pharmaciens, <http://www.ordre.pharmacien.fr/Communications/Les-actualites/Loi-relative-a-l-organisation-et-a-la-transformation-du-systeme-de-sante-Des-evolutions-structurantes-pour-les-pharmaciens-au-benefice-des-patients> (accessed 8 March 2020).

[158] Santé M des S et de la. Ma santé 2022 : un engagement collectif. *Ministère des Solidarités et de la Santé*, <https://solidarites-sante.gouv.fr/systeme-de-sante-et-medico-social/masante2022/> (2020, accessed 8 March 2020).

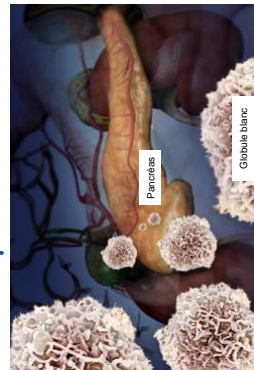
[159] Les communautés professionnelles territoriales de santé, <http://www.ars.sante.fr/les-communautes-professionnelles-territoriales-de-sante> (accessed 8 March 2020).

Qu'est ce que c'est le diabète de type 1 ?

Il s'agit d'une maladie auto-immune. Le système immunitaire (globules blancs) qui nous protège des infections détruit progressivement les cellules bêta du pancréas qui sécrètent l'insuline.

Aujourd'hui, le traitement consiste à remplacer l'insuline qui n'est plus produite par des injections quotidiennes. Le traitement idéal serait bien sûr d'empêcher la destruction de ces cellules bêta.

Il y a une prédisposition héréditaire à cette destruction à l'intérieur d'une même famille. Elle peut être dépistée, tout comme les premiers signes de l'attaque auto-immune, afin de repérer les personnes à risque.



Credit image : www.webmd.com

Vous êtes intéressé(e) ?

Vous pouvez :

- Demander à votre diabétologue
- Nous contacter par mail : innodia.france@gmail.com

- Nous contacter par téléphone : 01 58 41 20 51

Notre adresse web :

www.dearlab.org ; www.innodia.eu

Notre adresse postale :

Inserm U1016 - Institut Cochin
DeARLab - G.H. Cochin-Port Royal
Bâtiment Cassini
123, boulevard de Port Royal
75014 Paris



innovative
medicines
initiative



eipia JDRF

HELMSTLEY

JE SUIS

DIABETIQUE DE TYPE 1,

DOIS-JE FAIRE

DEPISTER MES PROCHES ?

C'est désormais possible avec l'étude européenne Innodia

INNODIA

Nous pouvons évaluer le risque de diabète de type 1 par une prise de sang chez vos proches : frères, sœurs, enfants, parents âgés de 1 à 45 ans.

Ce risque est 10 à 20 fois supérieur à celui de la population non diabétique : 4% pour vos frères et sœurs 4-8% pour vos enfants (4% si vous êtes leur maman, 8% si vous êtes leur papa).

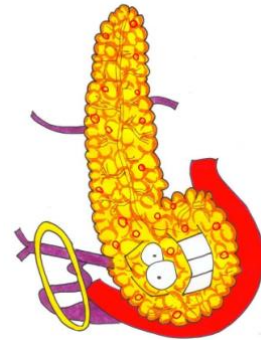
Inserm
Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale

ASSISTANCE
PUBLIQUE
HÔPITAUX
DE PARIS

3

Pourquoi se faire dépister ?

- 1) Pour réduire le risque de complications liés au diagnostic usuel (par exemple l'acidocétose) ;
- 2) Pour anticiper le diagnostic et sauvegarder un nombre plus important de cellules bêta avant leur destruction. Cela signifie préserver une sécrétion d'insuline résiduelle et simplifier le contrôle d'un diabète éventuel ;
- 3) Pour pouvoir corriger certains facteurs de risque modifiables (par exemple le surpoids) ;
- 4) Pour contribuer à la recherche sur le diabète de type 1 ;

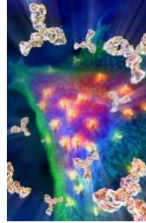


4

En quoi consiste le dépistage ?

Le risque éventuel de développer un diabète de type 1 peut être décelé en faisant deux analyses sur une prise de sang :

- 1) L'analyse du risque génétique, lié aux gènes « HLA ».
- 2) Le dosage des auto-anticorps dirigés contre les cellules bêta, qui indiquent si le système immunitaire est en train d'attaquer le pancréas.



Comment se déroule l'étude ?

Il s'agit d'une simple visite de dépistage avec prise de sang dans un des hôpitaux participants à Innodia.



5

Que se passe-t-il si le dépistage d'un proche est positif ?

Il sera invité à participer à 7 visites supplémentaires sur une durée de 4 ans pour suivre l'évolution des auto-anticorps.

La capacité de ses cellules bêta à sécréter l'insuline sera également suivie :

- à l'occasion de ces visites, en mesurant la sécrétion d'insuline après ingestion d'une boisson sucrée ;
- une fois par mois à la maison, en déposant une goutte de sang sur un papier buvard (à nous envoyer par la poste) et sur la bandelette du lecteur de glycémie qui lui sera fourni gratuitement.



Ordonnance d'insulinothérapie par pompe externe programmable

(Articles L. 165-1, R. 161-45 et R. 165-38 du Code de la sécurité sociale)

Personne recevant les soins et assuré(e)

Personne recevant les soins (la ligne "nom et prénom" est obligatoirement remplie par le médecin)

Nom et prénom

(Nom de famille (de naissance) suivi du nom d'usage (facultatif et s'il y a lieu))

Numéro d'immatriculation

Date de naissance

Nom et n° du centre de paiement ou de la section mutualiste (pour les salariés) ou nom et n° de l'organisme conventionné (pour les non salariés)

Assuré(e) (à remplir si la personne recevant les soins n'est pas l'assuré(e))

Nom et prénom

(Nom de famille (de naissance) suivi du nom d'usage (facultatif et s'il y a lieu))

Numéro d'immatriculation

Adresse de l'assuré(e)

Conditions de prise en charge

ALD en cours : oui non

Prescription

- Pompe à insuline externe programmable

- location d'une pompe à insuline externe programmable et forfait associé
 - marque et modèle de la pompe :
- cathéter et consommables associés pour pompe à changer tous les jours
 - cathéter de type - canule mm
 - réservoir à changer tous les jours
- QSP pour jours. A renouveler fois (maximum 6 mois)
- forfait de formation technique **initiale**

- Pompe à insuline externe sans tubulure extérieure dite pompe patch

- marque et modèle de la pompe :
- mise à disposition du programmeur sans fil (PDM)
- fourniture des POD : POD par mois, à changer tous les jours (maximum 3 jours)
- QSP pour jours. A renouveler fois (maximum 6 mois)
- forfait de formation technique **initiale**

Identification du prescripteur et de la structure dans laquelle il exerce

Nom et prénom Identifiant <small>(N° RPPS)</small>	Raison sociale Adresse N° structure <small>(AM, FINESS ou SIRET)</small>
--	---

A, le Signature

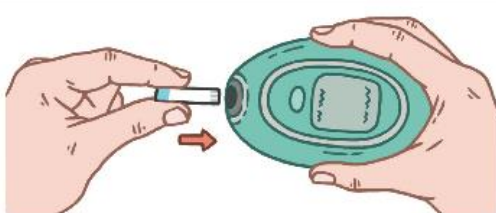
La loi rend passible d'amende et/ou emprisonnement quiconque se rend coupable de fraudes ou de fausses déclarations en vue d'obtenir ou de tenter d'obtenir des avantages indus (art. 313-1 à 313-3, 433-19, 441-1 et suivants du Code pénal)
En outre, l'inexactitude, le caractère incomplet des déclarations ou l'absence de déclaration d'un changement de situation dans le but d'obtenir le versement de prestations indues, peuvent faire l'objet d'une pénalité financière en application de l'article L. 114-17-1 du Code de la sécurité sociale.
Toutes les informations figurant sur cette déclaration sont destinées à votre organisme d'assurance maladie aux fins de remboursement et de contrôle. En application de la loi du 6 janvier 1978 modifiée, vous pouvez obtenir communication des informations vous concernant et, le cas échéant, leur rectification en vous adressant à votre organisme d'assurance maladie.

UN PRÉLÈVEMENT CAPILLAIRE RÉUSSI ET SANS DOULEUR

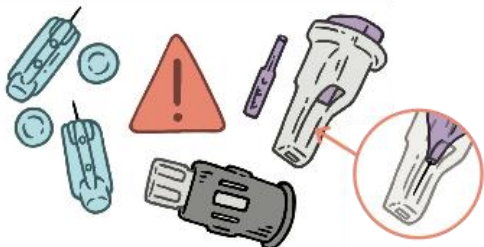
- 1** se **laver les mains** avec eau + savon sans antiseptique et bien les **sécher**



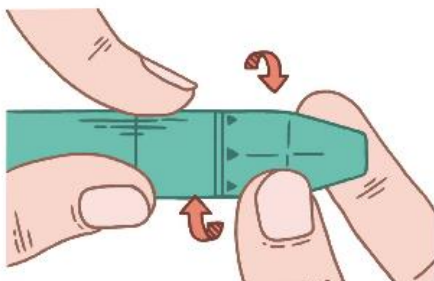
- 2** **introduire la bandelette** dans le lecteur



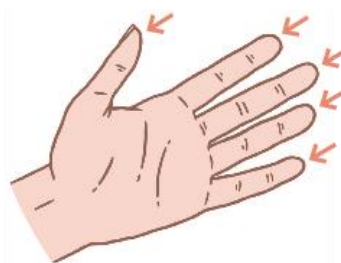
- 3** **changer la lancette** de l'autopiqueur ou **changer d'autopiqueur à usage unique** à chaque prélèvement capillaire



- 4** **régler la profondeur** de l'autopiqueur



- 5** **varier les points de ponction**
*tous les doigts peuvent être utilisés**



- 6** **piquer le doigt** sur la face externe
éviter le centre de la pulpe du doigt



- 7** **masser délicatement** le doigt piqué
si la circulation sanguine est difficile



- 8** **prélever la goutte de sang** et **lire la glycémie** sur le lecteur



Crédit photo : © Marie Ducom

Annexe 4 : Caractéristiques des dispositifs de Mesure du Glucose en Continu (MGC) remboursés

1/3

Caractéristiques des dispositifs de Mesure du glucose en continu (MGC) remboursés

Type de dispositif		
 <p>FreeStyle Libre® Abbott</p> <p>https://www.freestylelibre.fr/libre/ N° vert : 0800 10 11 56 lundi au vendredi de 8h à 18h30</p> <p>Système de mesure flash d'auto-surveillance du glucose interstitiel composé d'un capteur servant également de transmetteur, un récepteur n'étant activé qu'en le scannant</p> <p>Composé :</p> <ul style="list-style-type: none"> d'un capteur/émetteur d'un récepteur : FreeStyle Libre/ smartphone Android (LibreLink App) 	 <p>Minimed® 640G® Medtronic</p> <p>https://www.parlonsdiabete.com/ N° : 0 800 085 167 choix n° 2 lundi au vendredi de 9h à 17h</p> <p>Dispositif couplé à une pompe à insuline externe qui sert de récepteur.</p> <p>Composé :</p> <ul style="list-style-type: none"> d'une pompe à insuline : MiniMed™ 640G d'un capteur de glucose : Enlite™ d'un transmetteur : Guardian™ 2 Link et du lecteur de glycémie : Contour® Next Link 2.4 	 <p>Dexcom G4® Platinum Dexcom</p> <p>Dinno Santé 09 69 39 33 94 (appel non surtaxé) lundi au vendredi 8h30 à 19h</p> <p>Dispositif indépendant de mesure en continu du glucose interstitiel</p> <p>Composé d'un capteur, d'un transmetteur et d'un récepteur, il assure la détection et le monitoring de tendances et de profil glycémique</p>

Création : 20/04/2018 – ce document fait l'objet de mises à jour régulières - Mise à jour : 27/08/2018

Caractéristiques des dispositifs de Mesure du glucose en continu (MGC) remboursés

2/3

Site de pose du capteur	Sur la face antérieure du bras	Sur le ventre, distant d'au moins 7,5 cm du site d'injection de la pompe ou d'injection via un stylo à insuline	Sur le ventre, distant d'au moins 8 cm du site de perfusion
Caractéristiques / points d'attention	Durée de vie du capteur : 14 jours Pas de calibration Pas de système d'alarmes (seuils, tendances)	Durée de vie du capteur Enlite : 6 jours avec la 640G Durée de vie du transmetteur : 1 an Nécessite une calibration avec un lecteur de glycémie	Durée de vie du capteur : au minimum 7 jours Durée de garantie du capteur : 7 jours Durée de garantie du transmetteur : 6 mois Durée de garantie du récepteur : 1 an Nécessite une calibration avec un lecteur de glycémie
Remboursement	Depuis le 1 ^{er} juin 2017 Arrêté du 4 mai 2017	Depuis le 1 ^{er} mars 2018 Arrêté du 13 février 2018	Fin juin 2018 Arrêté du 12 juin 2018
Indications de prescription	Patients de type 1 ou de type 2 insulinothérapie intensifiée (pompe ou multi-injections) avec surveillance <i>source : Arrêté du 4 mai 2017 (art.1)</i>	Patients de type 1 (adultes et enfants) sous pompe à insuline depuis plus de 6 mois : • → malgré une insulinothérapie intensive bien conduite et une auto-surveillance glycémique ou • ayant souffert d'hypoglycémies sévères (avec interventions médicales en urgence) dans les 12 derniers mois, malgré une insulinothérapie intensive bien conduite et une auto-surveillance glycémique <i>source : Arrêté du 13 février 2018 (art. 1)</i>	Patients diabétiques (adultes et enfants âgés d'au moins 2 ans) de type 1 insulinothérapie intensifiée et d'une auto-surveillance glycémique souffert d'hypoglycémies sévères avec urgence médicale dans les 12 derniers mois <i>source : Arrêté du 12 juin 2018 (art.1)</i>



Création : 20/04/2018 – ce document fait l'objet de mises à jour régulières - Mise à jour : 27/08/2018

Caractéristiques des dispositifs de Mesure du glucose en continu (MGC) remboursés

<p>Prescription initiale (de courte durée)</p>	<p>Prescription par un diabétologue ou pédiatre spécialisé en diabétologie pour une période d'essai de 1 à 3 mois</p> <p>Evaluation entre 1 et 3 mois et renouvellement de prescription si évaluation concluante</p>	<p>Prescription par un centre initiateur de pompe agréé et soumise à une demande d'accord préalable auprès du service médical de sa caisse d'assurance maladie</p> <p>Evaluation à 15 jours et à 3 mois puis au moins à un an</p>	<p>Demande d'accord préalable obligatoire</p> <p>Prescription par un diabétologue ou pédiatre spécialisé en diabétologie et soumise à une demande d'accord préalable auprès du service médical de sa caisse d'assurance maladie</p> <p>Evaluation à 3 mois puis au moins à un an</p>
<p>Formation requise</p>	<p>Avant l'utilisation du dispositif, formation spécifique et éducation préalable à l'utilisation du dispositif par un diabétologue ou par un pédiatre expérimenté en diabétologie</p>	<p>Formation technique et éducation spécifique requises avant l'utilisation du dispositif par un centre</p>	<p>Avant l'utilisation du dispositif, formation spécifique et éducation préalable à l'utilisation du dispositif</p>
<p>Renouvellement de prescription (prescription de longue durée)</p>	<p>Après la prescription suivant l'évaluation de la période d'essai : tout médecin</p>	<p>Un diabétologue (ou un pédiatre expérimenté) d'un centre initiateur de pompes agréé</p>	<p>Une réévaluation (selon les mêmes critères qu'à 3 mois) au moins annuelle devra être effectuée</p>

Annexe 5 : Indices glycémiques des aliments

Indices glycémiques des aliments

Indices glycémiques faibles (< 39)	Indices glycémiques moyens (40 à 59)	Indices glycémiques élevés (>60)	
Abricots (fruit frais)	30	Ananas (boîte)	65
Abricots sec	35	Airelle rouge, canneberge	70
Ail	30	Ananas (fruit frais)	60
Fruits oléagineux: amandes, cacahuètes, arachides, noisettes, noix, noix de cajou, pistaches	15	Barres chocolatées (sucrées)	70
Fruits rouges frais sans sucre: airelle, myrtille, fraise, framboise, groseille, mûre	25	Betterave (cuite)	65
Artichaut	20	Bière	110
Asperge	15	Biscottes	70
Aubergine	20	Biscuit	70
Avocat	10	Bouillie de farine	70
Betterave (crue)	30	Brioche	70
Brocoli	15	Carottes (cuites)	85
Nectarines (blancs ou jaunes; fruit frais)	35	Céleri rave (cuit)	85
Cacao en poudre (sans sucre)	20	Céréales raffinées sucrées	70
Carottes (crues)	30	Châtaigne, marron	60
Cassoulet	35	Chips	70
Céleri branches	15	Cidre brut	70
Céleri rave (cru, rémoulade)	35	Confiture et marmelade (sucrée)	65
Céréales germées (germes de blé, de soja...)	15	Corn Flakes, flocons de maïs	85
Cerises	25	Couscous/sémoule complète	75
Champignon	15	Epeautre (farine intégrale ancienne)	60
Chocolat noir (>70% de cacao)	25	Epeautre (pain intégral)	70
Chocolat noir (>85% de cacao)	20	Farine de kamut (intégrale)	70
Choux, choucroute, chou-fleur, choux de bruxelle	15	Farine de quinoa	75
Cœur de palmier	20	Fèves (cru)	60
Concombre	15	Fèves sèches	85
Confiture ou marmelade (sans sucre)	30	Flocons d'avoine (non cuite)	70
Cornichon	15	Gelée de coing (sans sucre)	95
Courgettes	15	Haricots rouges (boîte)	80
Crustacés (homard, crabe, langouste)	5	Jus d'ananas (sans sucre)	95
Echalote	15	Jus d'orange (sans sucre et pressé)	80
Endives	15	Jus d'airelle rouge/ canneberge (sans sucre)	75
Epices (poivre, persil, basilic, origan, carvi, cannelle, Epinards	15	Jus de carottes (sans sucre)	65
Figue, figue de barbarie (fraîche)	35	Jus de mangue (sans sucre)	100
Flageolets	25	Jus de pomme (sans sucre)	70
Fromage blanc sans sucre	30	Jus de raisin (sans sucre)	75
Fructose	20	Kaki	85
		Ketchup	60
		Kiwi	60

Annexe 6 : Conditions autorisant la pratique de la plongée subaquatique de loisir avec scaphandre par les jeunes diabétiques de type 1 insulino-dépendants mineurs de plus de 14 ans

CONDITIONS AUTORISANT LA PRATIQUE DE LA PLONGEE SUBAQUATIQUE DE LOISIR AVEC SCAPHANDRE PAR LES JEUNES DIABETIQUES TYPE 1 INSULINO-DEPENDANTS MINEURS DE PLUS DE 14 ANS

La plongée chez les diabétiques insulino-dépendants ne peut être organisée que dans des conditions spécifiques. Elle échappe par conséquent au sport de masse. La tranche d'âge 14-18 ans comprend des spécificités qui justifient une réglementation particulière.

A. PROCEDURE POUR LA DELIVRANCE DU CERTIFICAT DE NON CONTR INDICATION A LA PRATIQUE DE LA PLONGEE SUBAQUATIQUE DE LOISIR POUR LES JEUNES DIABETIQUES

_ Certificat préalable signé par le pédiatre - diabétologue traitant¹ sur un formulaire type figurant en annexe et présentant au verso les 8 conditions de non contre indication diabétologique à la plongée ;

_ Certificat final de non contre-indication signé par un médecin fédéral après qu'il ait pris connaissance du certificat préalable ;

_ Remise au diabétique, par le médecin fédéral, de la lettre informative dûment commentée.

¹ Par traitant, on entend le diabétologue suivant le patient depuis au moins un an. Préalable signifie que le Médecin Fédéral ne délivrera un certificat de non contre indication QU'APRES AVOIR PRIS CONNAISSANCE du certificat préalable.

B. LES 8 CONDITIONS DE NON CONTRE INDICATION DIABETOLOGIQUE A LA PLONGEE SUBAQUATIQUE DE LOISIR CHEZ LE JEUNE DIABETIQUE

1. Diabétique type 1 âgé(e) de plus de 14 ans et moins de 18 ans.
2. Suivi diabétologique régulier (au moins 3 fois / an) depuis au moins un an par le même diabétologue. Une éducation diabétologique, notamment concernant la gestion de l'insulinothérapie et la prévention de l'hypoglycémie en cas d'activité sportive a été dispensée.
3. HbA1c < 8,5%
4. Auto-surveillance glycémique régulière (au moins 3 fois / jour).
5. Aucune hypoglycémie sévère ni acidocétose dans les 3 mois précédant la délivrance du certificat.
6. Seuil de perception correct des hypoglycémies (> 0,50g/l). Le jeune patient doit savoir reconnaître une hypoglycémie et y réagir seul.
7. Absence de retentissement macroangiopathique ou microangiopathique
8. Accepte de se soumettre et suivre le protocole de mise à l'eau : prévention de l'hypoglycémie

C. PREROGATIVES TECHNIQUES RESTREINTES

1. Aucune autonomie pour les jeunes plongeurs insulino-dépendants et ce, quel que soit leur niveau de plongeur
2. Plongées encadrées par un E2 au minimum en milieu naturel, un E1 au minimum en milieu artificiel. En milieu naturel: présence obligatoire sur le bateau d'un parent responsable ou d'un représentant adulte.

Annexe 7 : Lettre d'information au jeune plongeur mineur diabétique de type 1 insulino-dépendant

Lettre d'information au jeune Plongeur mineur Diabétique type 1 Insulino-Dépendant

Mademoiselle, Monsieur

Vous êtes diabétique type 1 mineur(e), âgé(e) de plus de 14 ans, et allez pratiquer la plongée subaquatique de loisir. Le certificat médical de non contre indication vous a été remis pour une durée de 6 mois, et avec les restrictions et les recommandations de la FFESSM explicitées ci-dessous.

A. Vos prérogatives techniques restreintes de plongée

1. Aucune autonomie pour les jeunes plongeurs insulino-dépendants et ce, quel que soit leur niveau de plongeur.

2. Plongées encadrées par un E2 au minimum en milieu naturel, un E1 au minimum en milieu artificiel. En milieu naturel : présence obligatoire sur le bateau d'un parent responsable ou d'un représentant adulte.

3. Une seule plongée par jour

4. Plongées dans la courbe de sécurité.

5. Plongées dans l'espace médian (20 mètres maximum). Durée de la plongée limitée à 30 minutes.

6. Outre l'encadrant et les autres plongeurs, la palanquée ne peut comprendre plus d'un plongeur diabétique insulino-dépendant, et cela quel que soit son niveau

7. Interdiction de plonger :

__en cas de température de l'eau inférieure à 14°C

__s'il existe des conditions gênant la mise en pratique du protocole de mise à l'eau (bateaux peu stables, pneumatiques par exemple...)...

__si, en cas d'émersion rapide, le retour vers le bateau est difficile (courant, vagues, turpitude de l'eau, brume, nuit, etc...),

B. Le directeur de plongée, l'encadrant et les membres de la palanquée doivent être informés de :

__votre diabète.

__de la conduite à tenir en cas d'hypoglycémie.

__ Vous fournirez une autorisation parentale de plonger au directeur de plongée.

C. Votre équipement particulier

Vous devez impérativement avoir avec vous, en plus du matériel habituel de plongée :

Annexe 8 : Certificat de non contre-indication diabétologique à la pratique de la plongée subaquatique de loisir par un jeune diabétique de type 1 insulino-dépendant mineur de plus de 14 ans

**CERTIFICAT DE NON CONTRE-INDICATION DIABETOLOGIQUE
A LA PRATIQUE DE LA PLONGEE SUBAQUATIQUE DE LOISIR PAR
UN JEUNE DIABETIQUE TYPE 1 INSULINO-DEPENDANT MINEUR
DE PLUS DE 14 ANS**

Certificat à remplir par le pédiatre et/ou endocrinologue – diabétologue traitant nécessaire à la réalisation du certificat médical final de non contre-indication délivré par un médecin de la FFESSM

Je soussigné(e) Docteur.....
exerçant en qualité de pédiatre et/ou endocrinologue – Diabétologue atteste avoir pris connaissance des 8 conditions de non contre-indication à la plongée sous-marine chez le jeune (14-18 ans) diabétique, recommandées par la Fédération Française d'Études et de Sports Sous-Marins, indiquées au dos de ce certificat, et certifie que :

M / Mlle.....

né(e) le.....

dont j'assure le suivi depuis au moins un an répond aux 8 conditions et ne présente donc pas à ce jour de contre-indication diabétologique à la plongée sous marine avec les prérogatives restreintes prévues par la Fédération Française d'Études et de Sports Sous-Marins pour les plongeurs diabétiques insulinotraités.

Certificat valable 6 mois, fait à la demande de l'intéressé et remis en main propre pour faire et valoir ce que de droit.

Fait à

le/...../.....

Signature du médecin Cachet du Médecin

Conditions de non contre indication diabétologique à la plongée pour les jeunes (14-18 ans) diabétiques type 1

1. Diabétique type 1 âgé de plus de 14 ans et moins de 18 ans.
2. Suivi diabétologique régulier (au moins 3 fois / an) depuis au moins un an par le même diabétologue. Une éducation diabétologique, notamment concernant la gestion de l'insulinothérapie et la prévention de l'hypoglycémie en cas d'activité sportive a été dispensée.
3. HbA1c < 8,5%
4. Auto-surveillance glycémique régulière (au moins 3 fois / jour).
5. Aucune hypoglycémie sévère ni acidocétose dans les 3 mois précédant la délivrance du certificat.
6. Seuil de perception correct des hypoglycémies (> 0,50g/l). Le jeune patient doit savoir reconnaître une hypoglycémie et y réagir seul.
7. Absence de retentissement macroangiopathique ou Microangiopathique
8. Accepte de se soumettre et suivre le protocole de mise à l'eau : prévention de l'hypoglycémie

AUTORISATION PARENTALE

De pratiquer la plongée subaquatique chez un mineur de plus de 14 ans

Je soussigné(e) :

mère père détenteur de l'autorité parentale

De l'enfant :

L' autorise à pratiquer la plongée subaquatique.

Je certifie avoir lu en détail les conditions autorisant la pratique de la plongée subaquatique de loisir par les jeunes diabétiques type 1 mineurs de plus de 14 ans et la lettre d'information au jeune plongeur.

Je m'engage à ce que soit présent sur le bateau un parent responsable ou représentant adulte pour valider avec le jeune plongeur le respect du protocole glycémique de mise à l'eau et valider avec le directeur de plongée l'autorisation de plonger (impliquant des glycémies obtenues dans les objectifs du protocole).

Je me réserve le droit de retirer cette autorisations à tout moment.

Date :

Signature du détenteur de l'autorité parentale :



**PROJET D'ACCUEIL INDIVIDUALISE
 MATERNELLE**

(CONSEILS ET RECOMMANDATIONS DU PEDIATRE)

Nom enfant :

Prénom enfant :

Age :ans

COLLATION

- ⚡ Elle est fournie par les parents.
- ⚡ Elle est prise en milieu de matinée, vers.....H....., avec les autres enfants.
- ⚡ L'enseignant s'assure que la collation est prise en totalité, qu'il n'y a pas d'échange avec les autres enfants.

HYPOLYCEMIE

Les signes d'hypoglycémie propres à l'enfant sont :

- ⚡
- ⚡
- ⚡
- ⚡

Ne pas négliger ces signes d'appel car l'enfant n'est pas autonome.

- ⚡ Faire asseoir l'enfant.
- ⚡ Contrôler la glycémie si possible.
- ⚡ **Donner du sucre** : 1 morceau pour 20 kg soit.....morceaux de sucre pour l'enfant.
- ⚡ Attendre que les signes passent (10 minutes).
- ⚡ Collation ou repas si c'est l'heure, sinon un gâteau sec.

HYPOLYCEMIE AVEC PERTE DE CONNAISSANCE (très rare)

- ⚡ **Appeler le 15**
- ⚡ Ne rien faire avaler.
- ⚡ Allonger l'enfant sur le côté.
- ⚡ Injecter en sous-cutané ou intramusculaire 0,5 mg de Glucagen (1/2 ampoule).
- ⚡ Quand l'enfant est bien réveillé, lui faire absorber du sucre puis du pain (ou biscuit).

ANALYSES

Les petits ne savent pas faire une glycémie seuls. Il est parfois nécessaire que des glycémies soient réalisées à l'école :

- ⚡ Avant le déjeuner, si l'enfant est demi-pensionnaire
- ⚡ Eventuellement à d'autres horaires
- ⚡ En cas d'hypoglycémie.

AMENAGEMENTS PEDAGOGIQUES

- ⚡ Laisser boire en classe et sortir pour uriner si besoin.
- ⚡ L'enfant boit et urine beaucoup, en informer les parents à la sortie.
- ⚡ **En cas d'anniversaire** :
- ⚡ Le fêter le matin si possible.
- ⚡ Donner une part de gâteau à la place de la collation.
- ⚡ Eviter les suceries : les bonbons light, les boissons light autorisées.

ACTIVITES PHYSIQUES

- ⚡ Prévenir les parents en cas d'activité physique inhabituelle (ex : piscine, sortie...).
- ⚡ Avoir sucre et collation à portée de main.

SORTIES SCOLAIRES

- ⚡ Pour une sortie d'un ou plusieurs jours, prévenir la famille pour la préparer.
- ⚡ Prévoir sucre et collations.

RESTAURATION SCOLAIRE

- ⚡ L'enfant peut manger à la cantine.
- ⚡ Rencontrer régulièrement les personnes qui s'occupent de lui à midi pour :
- ⚡ S'assurer que l'enfant mange assez de féculents (ou du pain) ; remplacer éventuellement une pâtisserie par un fruit.
- ⚡ En cas de trajet entre l'école et la cantine, informer la personne qui accompagne (hypoglycémie).

Fait à Paris, le/...../20
 Médecin diabétologue :
 Docteur

Signature



ASSISTANCE PUBLIQUE – HOPITAUX DE PARIS

Hôpital Robert DEBRE
Service Endocrinologie et Diabétologie Pédiatrique
48 boulevard Staurier
75395 PARIS Cedex 19
Tel 01 40 30 20 00 - Fax 01 40 30 20 20

PROJET D'ACCUEIL INDIVIDUALISE PRIMAIRE

(CONSEILS ET RECOMMANDATIONS DU PEDIATRE)

Nom enfant :

Prénom enfant :

Age :ans

COLLATION

Aménagement personnalisé mis en place

- ⬇ Elle est fournie par les parents.
- ⬇ Elle est prise en milieu de matinée, à l'heure de la récréation, avec les autres enfants.
- ⬇ L'enseignant selon l'âge de l'enfant, s'assure que la collation est prise en totalité, qu'il n'y a pas d'échange avec les autres enfants.

HYPOGLYCEMIE

Les signes d'hypoglycémie propres à l'enfant sont :

- ⬇
- ⬇
- ⬇
- ⬇
- ⬇
- ⬇

Ne pas négliger ces signes d'appel car l'enfant n'est pas autonome.

- ⬇ Faire assooir l'enfant.
- ⬇ Contrôler la glycémie si possible.
- ⬇ Donner du sucre : 1 morceau pour 20 k, soit.....morceaux de sucre pour l'enfant.
- ⬇ Attendre que les signes passent (10 minutes).
- ⬇ Collation ou repas si c'est l'heure, sinon un gâteau sec.

HYPOGLYCEMIE AVEC PERTE DE CONNAISSANCE (très rare)

- ⬇ Appeler le 15
- ⬇ Allonger l'enfant sur le côté.
- ⬇ Injecter du Glucagen en sous-cutané ou intramusculaire (0.5 mg si moins de 8 ans ; 1 mg si plus de 8 ans).
- ⬇ Quand l'enfant est bien réveillé, lui faire absorber du sucre puis du pain (ou biscuit).

ANALYSES

L'enfant sait faire sa glycémie (le plus souvent). Il est parfois nécessaire que des glycémies soient réalisées à l'école :

- ⬇ Avant le déjeuner, si l'enfant est demi-pensionnaire
- ⬇ Eventuellement à d'autres horaires
- ⬇ En cas d'hypoglycémie.

AMENAGEMENTS PEDAGOGIQUES

- ⬇ Laisser boire en classe et sortir pour uriner si besoin.
- ⬇ L'enfant boit et urine beaucoup, en informer les parents à la sortie.

En cas d'anniversaire :

- ⬇ Le fêter le matin si possible.
- ⬇ Donner une part de gâteau à la place de la collation.
- ⬇ Eviter les sucreries : les bonbons light, les boissons light autorisées.

ACTIVITES PHYSIQUES

- ⬇ Prévenir les parents en cas d'activité physique inhabituelle (ex : piscine, sortie...).
- ⬇ Avoir sucre et collation à portée de main.

SORTIES SCOLAIRES

- ⬇ Pour une sortie d'un ou plusieurs jours, prévenir la famille pour la préparer.
- ⬇ Prévoir sucre et collations.

RESTAURATION SCOLAIRE

- ⬇ L'enfant peut manger à la cantine.
- ⬇ Rencontrer régulièrement les personnes qui s'occupent de lui à midi pour :
- ⬇ S'assurer que l'enfant mange assez de féculents (ou du pain) ; remplacer éventuellement une pâtisserie par un fruit.
- ⬇ En cas de trajet entre l'école et la cantine, informer la personne qui accompagne (hypoglycémie).

Fait à Paris, le / /20
Médecin diabétologue :

Docteur

Signature



ASSISTANCE PUBLIQUE – HOPITAUX DE PARIS

Hôpital Robert DEBRE
Service Endocrinologie et Diabétologie Pédiatrique
48 boulevard Sérurier, 75935 PARIS Cedex 19
Tel : 01 40 03 53 54 Fax 01 40 03 24 29 Email: service.endodiabetolo@cdk.aphp.fr

**PROJET D'ACCUEIL INDIVIDUALISE
COLLEGE ET LYCEE**

Nom :
Prénom :
Age :ans

ANALYSES ET INJECTION

Aménagement personnalisé mis en place

- ⬇ L'adolescent est complètement autonome.
- ⬇ Trouver un lieu adapté et qui lui convienne pour faire les analyses et/ou une éventuelle injection d'insuline.

HYPOGLYCEMIE

Les signes d'hypoglycémie propres à l'enfant sont :

- ⬇
- ⬇
- ⬇
- ⬇
- ⬇
- ⬇ L'adolescent les connaît et doit prendre morceaux de sucre et une collation qu'il doit pouvoir prendre même en cours.

HYPOGLYCEMIE AVEC PERTE DE CONNAISSANCE (très rare)

- ⬇ **Appeler le 15.**
- ⬇ Ne rien faire avaler.
- ⬇ Allonger l'adolescent sur le côté.
- ⬇ Injecter du Glucagen en sous-cutané ou intramusculaire (1 mg = 1 ampoule).
- ⬇ Quand l'adolescent est bien réveillé, lui faire absorber du sucre puis du pain (ou biscuit).

RESTAURATION SCOLAIRE

- ⬇ Il peut manger au self ou à la cantine.
- ⬇ Les parents doivent s'assurer avec le service de restauration : de la présence de féculents à chaque repas en quantité suffisante (dont le pain en accès libre) ; de la possibilité d'avoir un fruit en remplacement d'un dessert sucré.
- ⬇ Selon les horaires, l'enfant doit pouvoir être prioritaire, accompagné d'un camarade.

ACTIVITES PHYSIQUES

- ⬇ Le professeur de sport doit être averti et dispose d'une réserve de sucre et de collations en cas d'oubli.
- ⬇ L'adolescent doit pouvoir réaliser des glycémies, avant, pendant et après.
- ⬇ Il peut être amené à prendre une collation avant, pendant et après.
- ⬇ Il doit avoir sur lui du sucre (+ collations de réserve dans le sac)

AMENAGEMENTS PEDAGOGIQUES

- ⬇ Le traitement du diabète (surveillance, injection) ne justifie habituellement aucune absence en cours (sauf malaise hypoglycémique sévère).

SORTIES SCOLAIRES

- ⬇ Les voyages scolaires (à l'étranger notamment) sont possibles et sont préparés conjointement avec l'enseignant, les parents, l'adolescent et l'équipe de diabétologie.

RESTAURATION SCOLAIRE

- ⬇ L'enfant peut manger à la cantine.
- ⬇ Rencontrer régulièrement les personnes qui s'occupent de lui à midi pour :
- ⬇ S'assurer que l'enfant mange assez de féculents (ou du pain) ; remplacer éventuellement une pâtisserie par un fruit.
- ⬇ En cas de trajet entre l'école et la cantine, informer la personne qui accompagne (hypoglycémie).

Fait à Paris, le/...../20

Médecin diabétologue :

Docteur

Signature

AVENIR

MÉTIER

MÉDICAL

TECHNOLOGIE

RECHERCHE

PSYCHOLOGIE

AIDE AUX JEUNES DIABÉTIQUES

**VIVRE AVEC UN DT1,
ON FAIT LE POINT**

RÉUNION NATIONALE

Dimanche 17 novembre 2019
CITÉ DES SCIENCES ET DE L'INDUSTRIE, PARIS 19^{ÈME}

08H00 - 08H45

Accueil des familles

09H00 - 09H15

Ouverture de la journée par le président
Dr Marc de Kerdanet

09H15 - 10H15

La boucle fermée en pédiatrie : essais cliniques en cours et point de vue des patients
Dr Elise Bismuth

10H15 - 10H30

FLASH initiative DT1

10H30 - 11H00

Pause et visite des stands

11H00 - 11H30

Vos questions sur la recherche dans le DT1
Dr Elise Bismuth, Dr Marc de Kerdanet,
Dr Roberto Malone

11H30 - 12H00

Le diabète à fleur de peau : regard d'une psychologue sur les outils technologiques
Nadine Hoffmeister & expériences patients

12H00 - 12H15

FLASH initiative DT1

12H15 - 14H00

Déjeuner et visite des stands

Avec la participation des Associations de Familles Locales et des partenaires impliqués dans la prise en charge du diabète.

14H00 - 15H00

Quel avenir professionnel pour les jeunes DT1 ? Exemple du métier de pompier.
Jean-Marc Brouart, Magali Fretay,
Anis Rezaigüia

15H00 - 15H15

FLASH initiative DT1

15H15 - 15H45

Pause et visite des stands

15H45 - 16H15

Diabète de l'enfant et complications chez l'adulte : état de la littérature
Dr Marc de Kerdanet

16H15 - 16H45

L'AJD : entre vie associative et missions politiques

16H45 - 17H00

FLASH initiative DT1

17H00 - 17H30

Concert d'Olivia Dorato

PROGRAMME

FLASH initiative DT1

Rodrigo Reinoso : L'art et le diabète

Adapto & Anne-Cécile Ratsimbason : La mode et le diabète

Max de Génie : Gourmandises et diabète
Olivia Dorato : Musique et diabète

Les Kepis Pescalunes : Solidarité et diabète

AUTORISATION DE SOUTENANCE



Faculté de Pharmacie
de Lille

3 rue du Professeur Laguesse - B.P. 83 - 59006 LILLE CEDEX
☎ 03.20.96.40.40
<http://pharmacie.univ-lille2.fr/>



DEMANDE D'AUTORISATION DE SOUTENANCE

Nom et Prénom de l'étudiant : DELBARRE Elaine INE : 0906024245H

Date, heure et lieu de soutenance :

Le 09 | 09 | 2020 à 18 h 15 Amphithéâtre ou salle : Cursus

Engagement de l'étudiant - Charte de non-plagiat

J'atteste sur l'honneur que tout contenu qui n'est pas explicitement présenté comme une citation est un contenu personnel et original.

Signature de l'étudiant :

Avis du directeur de thèse

Nom : GENAY

Prénom : Stéphanie

- Favorable
 Défavorable

Motif de l'avis défavorable :

Date : 12/08/2020

Signature:

Avis du président du jury

Nom : Décaudin

Prénom : Bertrand

- Favorable
 Défavorable

Motif de l'avis défavorable :

Date : 17 août 2020

Signature:

Décision du Doyen

- Favorable
 Défavorable

Le 17 août 2020
Le Doyen

B. DÉCAUDIN

NB : La faculté n'entend donner aucune approbation ou improbation aux opinions émises dans les thèses, qui doivent être regardées comme propres à leurs auteurs.

NA/ 2018

Université de Lille
FACULTE DE PHARMACIE DE LILLE
DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE
Année Universitaire 2019/2020

Nom : DELBARRE

Prénom : Claire

Titre de la thèse : « Diabète de type 1 chez l'enfant : du diagnostic à la prise en charge thérapeutique ; place du pharmacien d'officine »

Mots-clés : diabète de type 1, enfant, adolescent, pompe à insuline, pharmacien, éducation thérapeutique du patient

Résumé :

Le diabète de type 1 représente la maladie endocrinienne la plus fréquente dans la population pédiatrique. Ces dernières années, l'augmentation progressive de son incidence chez l'enfant suggère l'implication de nombreux facteurs dans le développement de la maladie (facteurs environnementaux et génétiques notamment).

La découverte du diabète survient comme un bouleversement dans la vie d'un enfant : du diagnostic à la prise en charge thérapeutique, de nombreuses contraintes s'imposent et obligent l'enfant et sa famille à adapter leurs modes de vie.

A l'heure actuelle, l'unique traitement repose sur des apports pluriquotidiens d'insuline, hormone régulatrice de la glycémie. Toutefois, les pompes à insuline et nouvelles méthodes de mesure du glucose en continu représente un confort non négligeable dans la prise en charge de la maladie. Les perspectives du pancréas artificiel et de la boucle fermée apportent une véritable touche de modernité au traitement insulinique ancestral.

Le pharmacien d'officine, professionnel de santé de proximité, joue un rôle fondamental dans la prise en charge du patient diabétique. Accompagnement, conseils et éducation thérapeutique sont autant de missions inhérentes à sa pratique quotidienne.

Membres du jury :

Président : Pr Bertrand Décaudin, PUPH, CHU de Lille – Faculté de Pharmacie de Lille

Assesseur(s) :

Mme Stéphanie Genay, MCUPH, CHU de Lille – Faculté de Pharmacie de Lille

Mme Annie Standaert, MCF, Faculté de Pharmacie de Lille

Membre(s) extérieur(s) : Mr Maxime Dreszer, Pharmacien d'officine, Saint-Saulve